

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

Efeito do *Azospirillum brasilense* em diferentes sistemas de produção de milho

LARISSA RAFAELLA OLIVEIRA GOMES

Jaboticabal – SP
1º Semestre/2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

EFEITO DO *Azospirillum brasilense* EM DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE MILHO

LARISSA RAFAELLA OLIVEIRA GOMES

Orientador: Prof.º Drº Gustavo Vitti Moro

Coorientador: Msº Guilherme Amâncio Vieira Grunewald

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

Jaboticabal - SP

1º Semestre/2024

G633e Gomes, Larissa Rafaella Oliveira
Efeito do Azospirillum brasilense em diferentes sistemas de produção de milho / Larissa Rafaella Oliveira Gomes. -- Jaboticabal, 2024
34 p.

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

Orientador: Gustavo Vitti Moro
Coorientador: Guilherme Amâncio Vieira Grunewald

1. Cultivos de cobertura. 2. Azospirillum brasilense. 3. Inoculação. 4. Milho híbrido. I. Título.

LARISSA RAFAELLA OLIVEIRA GOMES**EFEITO DA INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* EM DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE MILHO:**

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

Área de Concentração: Genética e Melhoramento de Milho

Data da defesa: 04/07/2024

(X) Aprovado

() Reprovado

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Gustavo Vitti Mouro

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



Documento assinado digitalmente

EZEQUIEL SOARES DA SILVA

Data: 04/07/2024 15:47:28-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Engenheiro Agrônomo Ezequiel Soares da Silva

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal/Universidade Federal do Amazonas - UFAM



Me. Natáli Vidal do Carmo

Nome da Instituição a que pertence

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em:

12/07/2024



Prof. Dra. Cibele Chalita Martins

Chefe do Departamento

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Rafael e Léia, por tudo. Todo o esforço, incentivo e apoio ao longo da minha vida e graduação para que esse e todos os outros momentos pudessem se realizar.

A minha irmã Bruna, por acreditar e me apoiar em todas as circunstâncias. E a minha irmã Alice, por todo amor e força que descobri em mim a partir do seu nascimento. Muito obrigada por serem minhas maiores inspirações.

A República Santa Casa, por ser meu lar durante esses anos. Por todos os momentos inesquecíveis e por todas as mulheres que lá conheci e por tudo que com elas aprendi.

Ao meu namorado, Pedro, por todo seu apoio e incentivo nessa jornada, e nunca duvidou do meu potencial mesmo em momentos de crise.

As minhas amigas do curso, com quem vivi e aprendi para além da sala de aula. Por todo companheirismo e experiências compartilhadas nesses últimos anos. Estudar com vocês tornou esse processo muito mais divertido.

Ao meu orientador prof. Gustavo e meu coorientador o doutorando Guilherme, por toda paciência, ajuda e dedicação para me instruir nessa etapa tão importante da graduação, e principalmente por me ceder parte de seu projeto de mestrado para este presente trabalho.

E por fim, agradeço a todos que passaram e participaram da minha vida nesses últimos anos, esse período transformador não seria o mesmo sem todas as experiências aqui vividas. Minha eterna gratidão a tudo.

ÍNDICE

RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1. INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1. A cultura do milho	11
2.2. O nitrogênio	13
2.3. Plantas de cobertura	14
2.4. Azospirillum brasilense	15
3. MATERIAIS E MÉTODOS	18
3.1. Local do experimento.....	18
3.2. Delineamento e Instalação do experimento	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5. CONCLUSÃO	28
LITERATURA CITADA.....	2

RESUMO

A produção de milho (*Zea mays L.*) é bastante expressiva no Brasil e no mundo, sendo importante componente na alimentação animal, humana e também matéria prima para produção de energia e demais produtos derivados. O objetivo do trabalho é avaliar o efeito da aplicação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho, em diferentes sistemas de cultivo. Foram avaliados três híbridos de milho sendo eles 2B610PW, 30A37 e 94285YHR. Para a avaliação da resposta ao *A. brasilense*. Conduziram-se seis sistemas de cultivo, obtidos pelas diferentes aplicações de Nitrogênio (N), que são: sem aplicação de N, N aplicado apenas na semeadura-base e N aplicado na semeadura-base e cobertura, com duas culturas anteriores servindo de plantas de cobertura, milho e *Lablab purpureus*, combinados com o fator inoculação com *Azospirillum brasilense* (sub-parcelas), sendo: testemunha (sem inoculação) e inoculação via solo. Os dados apontam que a inoculação com *Azospirillum brasilense* na cultura do milho não influencia em sua produtividade e também não mostram interação dessa prática com os diferentes sistemas de cultivos considerados. A implementação de *Lablab purpureus* como planta de cobertura auxilia de forma positiva no desenvolvimento do milho em sistemas de plantio direto.

Palavras chaves: Cultivo de cobertura, inoculação, nitrogênio, *Zea mays L.*

ABSTRACT

Corn production (*Zea mays L.*) is quite expressive in Brazil and in the world, being an important component in animal feeding, used for human consumption and also as a raw material for energy production and other by-products. This study aimed to evaluate the effect of applying *Azospirillum brasilense* in different cultivation systems. Three corn hybrids were used: 2B610PW, 30A37 and 94285YHR. To evaluate the response to *A. brasilense*, six cultivation systems were carried out, with or without Nitrogen (N) applications: control (without N application), N applied only in the base sowing and N applied in the base sowing with the presence of straw - no-tillage system (two previous crops serving as cover crops - *Zea mays L.* and *Lablab purpureus*). For the inoculation factor with *Azospirillum brasilense* (sub-plots), treatments were as following: control (without inoculation), and inoculation via soil. The data indicate that inoculation with *Azospirillum brasilense* in corn crops does not influence its productivity and also does not show interaction between the practice and different cropping systems. The implementation of *Lablab purpureus* as a cover crop positively assists in the development of the grass in direct planting systems.

Key words: Cover crops, inoculation, nitrogen, *Zea mays L.*

1. INTRODUÇÃO

A produção de milho (*Zea mays L.*) é bastante expressiva no Brasil e no mundo, sendo importante componente na alimentação animal, humana e matéria prima para produção de energia e demais produtos derivados (ARTUZO et al., 2019).

Na safra 2022/23 a produção foi de 124,7 milhões de toneladas o que supera em 10,2% a safra 2021/22 (CONAB, 2023). Com tamanha relevância da cultura no mercado, é fundamental busca de altas produtividades. O nitrogênio (N) é o nutriente com maior capacidade de limitar a produção da cultura, pois desempenha papel importante nos processos bioquímicos da planta (FORNASIERI FILHO, 2007). Alguns solos não são capazes de disponibilizar

grandes quantidades de N, por esse motivo, são estudados meios de suprir a demanda da cultura de forma eficiente e rentável (COELHO, 2006).

As plantas de cobertura, que podem ser leguminosas, gramíneas e outras, são empregadas a fim de produzir fitomassa que serão mantidas na superfície do solo para a formação da palhada (ANDRIOLI et al., 2008). Segundo Lima Filho et al. (2014) o uso dessas plantas de cobertura oferece ao solo diversas vantagens para o sistema de cultivo, como a proteção física, térmica, promove melhor infiltração da água no solo, e no caso de plantas de cobertura leguminosas, disponibilizam N no solo, que ficam disponíveis para a cultura seguinte.

As bactérias diazotróficas podem fornecer nitrogênio às culturas, através do processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN), além estimularem o desenvolvimento e produção da cultura (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2007).

Diante desse contexto, o objetivo do trabalho é estudar o efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense* em diferentes sistemas de cultivo de milho.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cultura do milho

O milho (*Zea mays L.*) pertence à família Poaceae, e tem sua origem no México, é umas das plantas mais cultivadas pelo homem ao redor do mundo, com uma grande variedade de genótipos, possui ampla adaptabilidade em diferentes ambientes e pode ser cultivado em regiões de alta e baixa altitude, bem como em climas tropicais, subtropicais e temperados (BARROS; CALADO, 2014). O caráter monóico e sua morfologia são resultados da supressão, condensação e multiplicação de diversas partes da anatomia básica das gramíneas, no entanto a domesticação da cultura resultou na produção de uma

planta anual, vigorosa e ereta, com a função de produzir grãos (MAGALHÃES et al., 2002).

Nas últimas décadas o milho se tornou a maior cultura agrícola do mundo, e a única a ter atingido a marca de 1 bilhão de toneladas (DE MIRANDA, 2020). Tamanha produção é proporcional a sua diversidade de uso, que pode chegar a mais de 3.500 aplicações deste cereal (CONTINI et al., 2019). Além de ser importante componente na alimentação humana e animal, é possível produzir com o milho uma imensidão de produtos, como combustíveis, bebidas e polímeros (CONTINI et al., 2019).

A produção global de milho é estimada em 1,14 bilhão de toneladas para a safra de 2022/23, com grande expressividade entre seus principais produtores (FIESP, 2023). O Estados Unidos é o maior produtor mundial de milho, com uma produção esperada para essa safra de 348,8 milhões de toneladas, seguido da China com 277,2 milhões (FIESP, 2023).

No Brasil, a safra atual pode atingir 124,7 milhões de toneladas, o que supera em 10,2% a safra 2021/22 (CONAB, 2023). O cenário atual é bastante favorável à cultura e sua alta produtividade, e isso está sendo possível graças ao manejo adequado que busca suprir a demanda da planta e a seleção de cultivares de alto potencial produtivo (SOLOGUREN, 2015). Além da adoção de novas tecnologias no sistema de cultivo, que estão ligados a manejo de plantas de cobertura, que cumprem a função de proteger o solo e ciclar nutrientes, também são utilizados microrganismos fixadores de nitrogênio, como as

bactérias diazotróficas, que são capazes de estimular o crescimento e a produtividade da cultura (LINDEMANN; GLOVER, 2003).

2.2. O nitrogênio

O nitrogênio é um elemento de extrema importância para toda forma de vida, esse nutriente é componente principal de proteínas, ácidos nucleicos e de outros constituintes celulares, dessa forma, é exigido em grandes quantidades por qualquer organismo, e sua deficiência pode limitar a produção em diferentes ecossistemas (VIEIRA, 2017).

Segundo Faquin (2005), o nitrogênio é o nutriente mais requerido pelas plantas, e está disponível de forma abundante na atmosfera, cerca de 79% de N na forma N_2 , atuando como fonte natural gasosa. No entanto, as plantas não são capazes de absorver o nitrogênio atmosférico, para que haja aproveitamento desse nutriente é necessário a transformação do N, num processo chamado de fixação, que podem ocorrer de três formas, conhecidas como fixação industrial, fixação biológica, fixação atmosférica (FAQUIN, 2005).

Nesses processos, ocorre a transformação do N_2 em formas combinadas, que podem ser aproveitadas pelas plantas, que são NH_4^+ (amônio) e NO_3^- (nitrato), e na fixação biológica o N é assimilado como N_2 (FAQUIN, 2005).

Segundo Faquin (2005), nas plantas o teor de N nos tecidos vegetais varia em torno de 2 a 5% de matéria seca, e sua distribuição ocorre pelo xilema da planta e esse transporte varia de acordo com a forma de N absorvido, e como um nutriente móvel na planta, sua redistribuição ocorre pelo floema, deslocando das folhas mais velhas para as mais novas.

O N é um dos nutrientes chaves para obtenção alta produtividade de grãos de milho, sendo seus efeitos bastante expressivos em toda a cultura já que é responsável pelas principais atividades de crescimento e desenvolvimento dessa gramínea (SHARMA *et al.*, 2019).

2.3. Plantas de cobertura

O uso das plantas de cobertura é empregado com o objetivo de cobrir o solo, proteger contra processos erosivos e lixiviação de nutrientes (LAMAS, 2017). Esta técnica é conhecida há milênios, e foi utilizada primeiro pela civilização chinesa, que a denominava de adubação verde, e a incorporavam no solo para promover seu efeito de fertilizá-lo (CASSOL, 2019). A observação de bons resultados da adubação verde levou essa prática a ser utilizada por mais de dois mil anos, mesmo sem nenhuma explicação científica sobre seus benefícios (LIMA FILHO *et al.*, 2014).

Quando usadas de forma adequada, as plantas de cobertura contribuem para melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo, e são fundamentais no acréscimo de matéria orgânica, que auxilia na dinâmica do solo, favorecendo a retenção de água, ciclagem de nutrientes que estarão disponíveis para a próxima cultura, além de melhorarem a estrutura do solo (LAMAS, 2017).

Segundo Cassol (2019) o período de permanência dessa cobertura sobre o solo pode variar de acordo com a qualidade e quantidade desses resíduos vegetais. Quanto maior a taxa de decomposição, mais rápida será a liberação de nutrientes e conseqüentemente menor proteção para o solo. Então é importante o uso de espécies vegetais que tenham alta produção de massa seca

com baixa taxa de decomposição (CASSOL, 2019). A taxa de decomposição está ligada a relação C/N, quando alta (30/1) se decompõem mais lentamente e promovem a imobilização do N; quando baixa (20/1) a decomposição é mais rápida e levam à mineralização do N (ALVARENGA et al., 2010).

Diferentes formas de consorciação entre espécies estão sendo estudadas, como forma de proteção do solo e para o fornecimento de nitrogênio (ZIECH, 2016). Essa estratégia tem grande potencial no auxílio a mitigação de fertilizantes químicos e na promoção da proteção do solo, mas ainda assim tem sido pouco aplicada pelos produtores. O que pode estar relacionado a falta de conhecimento de espécies a serem utilizadas e até mesmo a dúvida do retorno econômico que a técnica pode oferecer (CASSOL, 2019).

2.4. *Azospirillum brasilense*

As bactérias do gênero *Azospirillum* são diazotróficas associativas e se caracterizam como bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP), são microrganismos de vida livre e podem ser encontrados em quase todos os lugares da terra, essas também podem ser endofíticas facultativas (HUNGRIA, 2011), ou seja, tem um estágio de vida em duas fases, alternando a sua permanência entre a planta e o ambiente (MIGUEL et al., 2021).

Entre as bactérias do gênero *Azospirillum*, a *A. brasilense* apresenta maior potencial benéfico para a planta (FUKAMI et al., 2016), promovendo a produção de fitormônios, capacidade de fixação biológica de N (FBN), quando crescem dentro da planta aumentam a atividade de redutase do nitrato,

solubilização de fosfato e atuam como agentes de controle biológico de patógenos (HUNGRIA, 2011).

O gênero *Azospirillum* ganhou destaque mundial a partir da década de 70, com os trabalhos da Dra. Johanna Döbereiner, pesquisadora da Embrapa, que comprovou a capacidade de fixação biológica do nitrogênio dessas bactérias quando associadas às gramíneas. E tem sido adotada em diversas culturas a fim de melhorar a produção e minimizar o uso de fertilizantes industriais (HUNGRIA, 2011).

Por se tratar de uma bactéria associativa, a *A. brasilense* é capaz de romper a forte ligação de N_2 presente na fração porosa do solo, devido a enzima dinitrogenase, e assim converte o N_2 em amônia (NH_3), que é a forma absorvida pelas plantas, mas diferente das bactérias simbióticas as associativas liberam para as plantas associadas apenas parte do nitrogênio fixado, o que não é repassado a bactéria mineraliza, e esse nitrogênio pode servir de aporte posteriormente para a planta (HUNGRIA, 2011).

Embora não possa suprir totalmente o N requerido pela planta, os efeitos da *Azospirillum* na cultura do milho têm sido estudados para que se entenda não somente o rendimento da cultura, mas também, sua relação nas causas fisiológicas da planta que levam ao aumento da produtividade (MILLÉO; CRISTÓFOLI, 2016). Segundo Hungria (2011), além da maior disponibilidade de N, o aumento da produtividade também se correlaciona com o aumento de outros nutrientes como P e K. Assim, os benefícios da inoculação com *Azospirillum* vão além da FBN, mostrando o porquê se classificam como BPCP.

Diversos estudos relataram que as bactérias diazotróficas e promotoras de crescimento podem melhorar a aquisição de N pelas plantas por meio da fixação biológica de N (FUKAMI, CERZINI e HUNGRIA, 2018; GALINDO et al., 2021). A inoculação de *A. brasilense* demonstra benefícios no desenvolvimento da raiz e pelos radiculares em diferentes culturas (RONDINA et al., 2020; ARAUJO et al., 2021; BARBOSA et al., 2021).

O desenvolvimento da raiz é destacado pelo incremento na massa seca da raiz e no teor de N nas raízes, provavelmente sendo o principal mecanismo para melhorar a eficiência agrônômica e a absorção de N, além de promover o crescimento e a produção de grãos de milho (GALINDO et al., 2021).

Outros fatores, como a interação de plantas com bactérias do gênero *Azospirillum*, são associados com o aumento dos níveis de clorofila, prolina nos brotos e raízes, condutância estomática, maior altura da planta, produção de biomassa, rendimento de grãos, desenvolvimento de raízes e tolerância ao estresse hídrico (LANA et al., 2012; YADAV, YADAV e SINGH, 2011).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Local do experimento

O experimento foi conduzido nas localidades da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão, nas dependências da UNESP – FCAV, no município de Jaboticabal, São Paulo com localização na latitude 21°14'05"S e na longitude 48°17'09"W, com uma altitude média de 615,01 metros. Baseado no Sistema Internacional de Classificação de Köppen (1931), o clima se enquadra em Aw, isto significa, tropical com inverno seco. A pluviometria média anual é de 1.340 mm, com temperatura média de 23.7 °C. O solo é classificado como Latossolo Vermelho eutrófico (SANTOS, 2018)

A precipitação total ao longo do experimento a campo foi de 768 mm, e quando necessário houve irrigação suplementar (Gráfico 1).

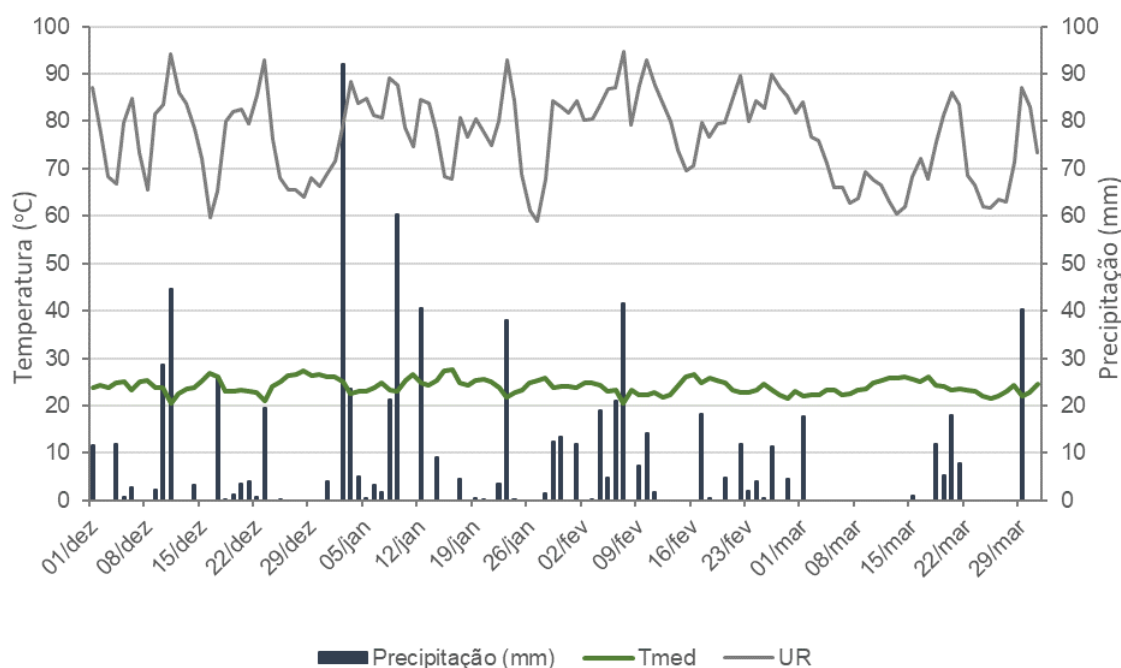


Gráfico 1 - Precipitação, temperatura média (Tmed) e umidade relativa do ar (UR) durante o período experimental da safra 2019/2020.

Fonte - Estação Agroclimatológica Dpto de Ciências Exatas FCAV/UNESP.

Com um histórico de plantio direto desde 1990, a área utilizada para a implantação tinha o milho como safra verão, que era semeado na segunda quinzena de novembro de cada ano. Até 1998, as culturas de cobertura eram formadas por vegetação espontânea, nos anos seguintes, milho e soja foram utilizados como safra de inverno, com o uso de irrigação por aspersão suplementar, mantendo-se dois sistemas de cultura antecessora, leguminosa e gramínea

O semeio das plantas de cobertura (*Lablab purpureus* e milho) aconteceu em agosto de 2019, e em dezembro, a leguminosa foi dessecada com o uso de

glifosato potássico (1,3 g de ingrediente ativo ha⁻¹), no momento que o milho estava em estágio R4 e o *Lablab purpureus* já tinha florescido. Em seguida as plantas foram picadas com o auxílio de cortador mecânico e espalhadas pela área de cultivo.

No dia 13 dezembro de 2019, ocorreu o semeio do experimento de forma mecanizada por uma adubadora semeadora, foram utilizados 300 kg.ha⁻¹ de adubo com formulação 0-20-20 em área total. A inoculação com o *Azospirillum brasilense* foi feita no mesmo dia, via solo, através de uma bomba costal com o produto comercial QualyFix Gramíneas® na dose de 600 ml ha⁻¹ (5×10⁶ bactérias ml⁻¹, estirpes AbV5 + AbV6), de acordo com as recomendações do fabricante. No dia seguinte foi realizada a adubação de base com N (ureia) para fornecer 40 kg.N.ha⁻¹ nas parcelas que receberam nitrogênio.

3.2. Delineamento e Instalação do experimento

Na realização desse trabalho foram utilizados 3 híbridos comerciais de milho: 2B610PW – material precoce de alta sanidade; 30A37 – cultivar de ciclo precoce e média sanidade; e P4285YHR – híbrido precoce de alta sanidade, conduzidos na safra 2019/2020. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso (DBC), com 5 repetições, em esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas experimentais constituídas por cinco linhas de quatro metros de comprimento, espaçadas de 0,45 metros entre linhas e 0,33 metros entre plantas dentro da linha, representando uma população aproximada de 67.000 mil plantas por hectare. Como parcela útil para as avaliações foram consideradas apenas duas linhas centrais da parcela.

Foram empregados seis sistemas de cultivos, para a avaliação do efeito ao *A. brasilense*, eles foram diferenciados pela planta de cobertura antecessora, *Lablab purpureus* e milho, e as aplicações de nitrogênio: nenhuma aplicação de N, aplicação de N apenas na semeadura e N aplicados na semeadura e também na cobertura (Quadro 1). A inoculação foi trabalhada em subparcelas, os tratamentos foram compostos por testemunha, onde não houve inoculação, e inoculação via solo.

Tabela 1 - Fator e níveis da parcela

Níveis	Planta de Cobertura	Sistema de Cultivo
1	<i>Lablab purpureus</i>	0 nitrogênio
2	<i>Lablab purpureus</i>	40kg ha ⁻¹ nitrogênio (semeadura)
3	<i>Lablab purpureus</i>	40 - 140kg ha ⁻¹ nitrogênio (semeadura e cobertura)
4	Milho	0 nitrogênio
5	Milho	40kg ha ⁻¹ nitrogênio (semeadura)
6	Milho	40 - 140kg ha ⁻¹ nitrogênio (semeadura e cobertura)

Nas áreas úteis de cada parcela foram avaliados o teor de N das folhas e a produtividade da cultura. Para definir o teor de N, as folhas foram coletas após o aparecimento da inflorescência feminina, e foi retirado a folha oposta e abaixo á, onde foi coletado o terço médio da folha e retirado a nervura central. Posteriormente elas passaram por um processo de secagem a 65°C e moagem e então foram submetidas a digestão ácida sulfúrica, destilação em meio fortemente alcalino e titulação com solução de ácido sulfúrico. (CANTARELLA et al.,1997).

As espigas das áreas úteis de cada parcela foram colhidas e debulhadas com o auxílio de uma debulhadora mecânica. Os grãos obtidos foram pesados para determinar a produtividade em kg ha⁻¹.

Foi utilizado o programa estatístico Genes e submetemos a análise de variância utilizando o teste F a 5% de probabilidade erro, sendo as médias comparadas ao nível de 5% de significância pelo teste de Duncan.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os fatores inoculação e a interação entre sistemas de produção e inoculação não afetaram significativamente teor de nitrogênio nas folhas para todos os híbridos testados, mas o fator sistema de produção foi significativo para a variável produtividade de híbrido 30A37 (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de variância da produtividade (Prod.) e teor de nitrogênio (N) em função dos sistemas de cultivo e inoculação com *Azospirillum brasilense*.

	2B610		30A37		P4285	
	Prod.	N	Prod.	N	Prod.	N
Sistema Produção	2.624	3.5256	3.7201*	1.8020	1.2343	1.6108
Inoculação	0.2382	3.531	1.5202	0.2441	1.4561	0.4909
Sist. Prod. x Inoc.	1.7641	1.7848	0.8865	0.8291	1.1652	1.0339
CV parcela (%)	12.63	8.99	10.12	6.75	13.47	18.66
CV sub (%)	14.02	12.38	11.06	11.37	13.10	19.10

Galindo et al (2022) verificou que as maiores concentrações de $N-NH_4^+$ nos tecidos foliares foram obtidas quando aplicados baixa ($50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e média ($100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) doses de N sob inoculação de *A. brasilense*. Hungria et al. (2010) também obteve incremento de N nos tecidos foliares com a inoculação de *A. brasilense*. Entretanto, os dados obtidos no presente trabalho apresentaram resultados significativos apenas no fator de sistema de produção para a variável produtividade em um híbrido avaliado.

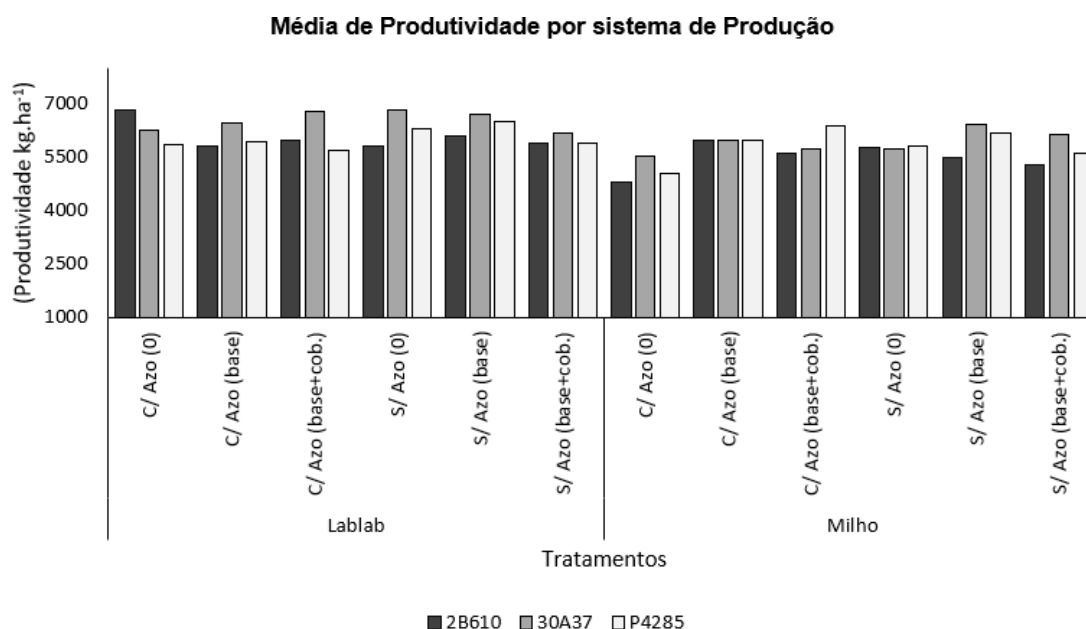


Gráfico 2 – Valores médios de produtividade (kg ha^{-1}) dos híbridos em função dos sistemas de cultivo.

Ressalta-se que as interações entre microrganismo, ambiente e planta alteram a expressão das respostas agrônômicas quanto à inoculação de *Azospirillum brasilense*, incluindo bactérias e genótipos de plantas (CASSÁN e DIAZ-ZORITA, 2016; CASSÁN et al., 2020). Além disso, o método de inoculação, via semente ou solo, pode alterar a resposta das plantas à interação com as bactérias

As respostas das culturas à inoculação de *Azospirillum* sp. podem ser relacionadas a condições ambientais adversas (terras secas, fertilização e altas temperaturas), especialmente durante os estágios fenológicos iniciais da planta (BARTCHECHEN et al., 2010; CASSÁN e DIAZ-ZORITA, 2016; ZEFFA et al., 2019). No presente estudo a precipitação foi bem distribuída ao longo do ciclo da cultura, além de não apresentar variações na temperatura, mantida entre 20 e 30° C.

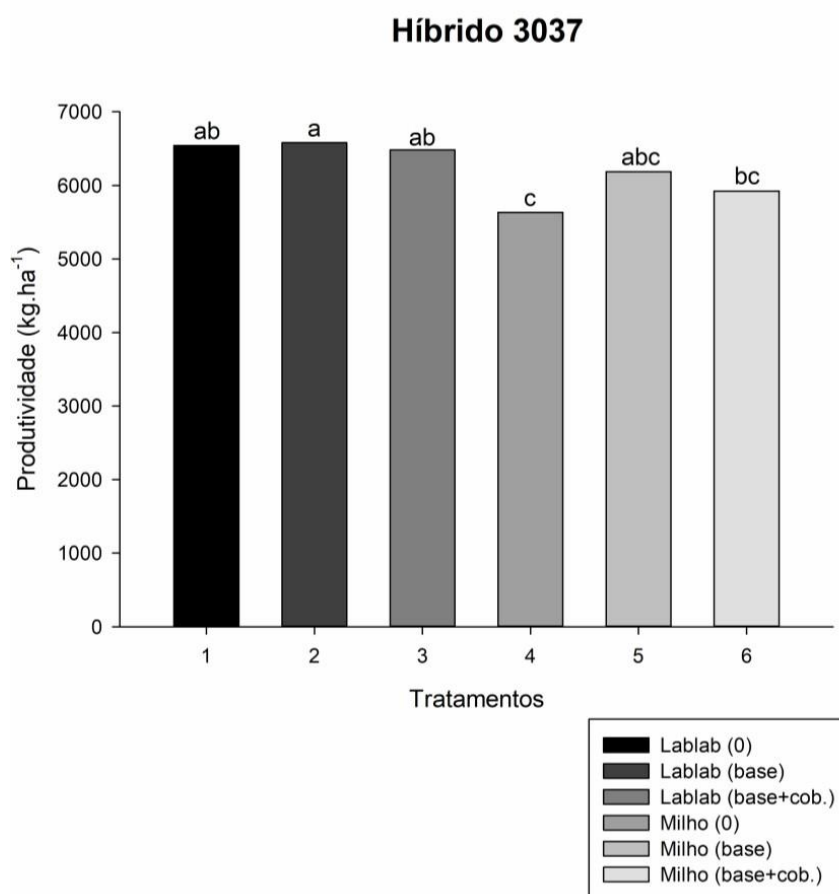


Gráfico 2 - Valores médios de produtividade (kg ha⁻¹) em função dos sistemas de cultivo.

. O sistema de produção (isolado) apresentou efeito significativo, na produtividade do híbrido 30A37 (Tabela 1 e Figura 2). Entretanto, os fatores

inoculação e sistema de produção + inoculação não apresentaram efeito significativo na produtividade dos híbridos utilizados.

Os sistemas de cultivo que tiveram *Lablab purpureus* como planta de cobertura e receberam adubação nitrogenada na base e na base + cobertura, apresentaram maior produtividade quando comparados com o sistema de cultivo em que a cultura antecessora foi o milho sem adubação nitrogenada (Figura 2).

A maior produtividade obtida foi no tratamento que teve *Lablab purpureus* como planta de cobertura e recebeu adubação nitrogenada na base, apresentando uma produtividade superior de aproximadamente 947 kg.ha⁻¹ (14,4%), 393 kg.ha⁻¹ (5,97%) e 657 kg.ha⁻¹ (9,9%) em relação aos tratamentos que tiveram milho como planta de cobertura sem adubação nitrogenada, com adubação nitrogenada na base e adubação nitrogenada na base + cobertura, respectivamente. De acordo com Araújo et al. (2004), a produtividade de grãos e o total de N acumulado aumentam em função do incremento das doses de N aplicadas.

O *Lablab purpureus* é uma leguminosa que faz simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio, resultando em um bom desempenho quando incorporado em sistemas de cultivo consorciado, particularmente com o milho, em relação à produção suficiente de forragem, rendimento de grãos e fixação de N (MCDONALD, WRIGHT e MACLOAD, 2001; ARMSTRONG et al., 2008).

Destaca-se, que os sistemas de plantas de cobertura que incluem leguminosas disponibilizam maiores quantidades de N em comparação com sistemas cultivados apenas com gramíneas (FRANÇA et al., 2011). Tal fato é

corroborado pelos dados obtidos no estudo, onde mesmo no sistema de produção que se utilizou *Lablab purpureus* sem a adubação nitrogenada, foi possível observar maior rendimento de grãos quando comparado aos tratamentos que teve milho com e sem adubação nitrogenada, como cultura antecessora. Além disso, este tratamento diferenciou-se em somente 37 kg.ha⁻¹ do tratamento de *Lablab purpureus* com adubação de N na base que apresentou maior rendimento de grãos.

Embora, os dados obtidos não apresentaram resposta positiva referente à inoculação de *A. brasiliense* em relação a produtividade e incorporação de N nas plantas de milho, Souza et al. (2019) encontraram efeito positivo da inoculação na produtividade de grãos do milho em seu trabalho, entretanto relataram que os efeitos sobre as gramíneas são variáveis. Sendo assim, sugere-se a possibilidade de falta de afinidade entre as estirpes bacterianas do inoculante e os genótipos de milho utilizadas no presente estudo.

Tendo em vista o baixo custo econômico, a viabilização do processo de conservação e da qualidade nutricional do solo e a probabilidade de uma resposta positiva às culturas de milho, mesmo aquelas associadas com diferentes níveis de aplicação de N, a utilização de *Lablab purpureus* se mostra uma ferramenta essencial para melhorar o gerenciamento do N no solo, levando a uma melhor produção de milho.

5. CONCLUSÃO

A utilização de *Lablab purpureus* como planta de cobertura promove maior produtividade das plantas de milho em sistema de plantio direto.

Os híbridos testados não responderam à inoculação de *A. brasilense* tanto para o teor de N no tecido foliar quanto para produtividade.

Tornam-se necessários estudos futuros para investigar os efeitos da prática agronômica, assim como buscar entender a inoculação de *Azospirillum brasilense* em função das condições climáticas e a interação com diferentes genótipos em diferentes agroecossistemas.

LITERATURA CITADA

ABERA, G., GERKABO H. Effects of green manure legumes and their termination time on yield of maize and soil chemical properties, **Archives of Agronomy and Soil Science**. 2021 67:3, 397-409.
doi: 10.1080/03650340.2020.1733536

ALVARENGA, R. C.; NOVOTNY, E. H.; PEREIRA-FILHO, I. A.; SANTANA, D. P.; PEREIRA, F. T. F.; & HERNANI, L. C. **Cultivo do Milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010.

ANDRIOLI, I.; BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; ANDRIOLI, F.F.; COUTINHO, E.L.M. Produção de milho em plantio direto com adubação nitrogenada e cobertura do solo na pré-safra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.L.], v. 32, n. 4, p. 1691-1698, ago. 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832008000400034>.

ARAUJO, F.F., BONIFACIO, A., BAVARESCO, L.G., MENDES, L.W., Araujo, A.S.F. *Bacillus subtilis* changes the root architecture of soybean grown on nutrient-poor substrate. **Rhizosphere**. 18, 2021, 100348. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2021.100348>.

ARMSTRONG, K.L.; ALBRECHT, K.A.; LAUER, J.G.; RIDAY, H. Intercropping corn with lablab bean, velvet bean, and scarlet runner bean for forage. **J. Crop. Sci.** 2008, 48, 371–379.

ARTUZO, F.D.; FOQUESATTO, C.R.; MACHADO, J.A.D.; OLIVEIRA, L.; SOUZA, A.R.L. O potencial produtivo brasileiro: uma análise histórica da produção de milho. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 2, p. 515-540, 2019.

BARBOSA, J.Z., HUNGRIA, M., SENA, J.V.S., POGGERE, G., REIS, A.R., CORRÊA, R.S. Meta analysis reveals benefits of co-inoculation of soybean with *Azospirillum brasilense* and Bradyrhizobium spp. in Brazil. **Appl. Soil Ecol.** 163, 103913, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2021.103913>.

BARROS, J.F. C.; CALADO, J.G. **A Cultura do Milho**. Évora: Universidade Évora, 2014. 52 p.

CANTARELLA, Giulio Erberto. A general fixed-point approach to multimode multi-user equilibrium assignment with elastic demand. **Transportation Science**, v. 31, n. 2, p. 107-128, 1997.

CASSÁN, F., DIAZ-ZORITA, M., 2016. Azospirillum sp. in current agriculture: from the laboratory to the field. **Soil Biol. Biochem.** 103, 2016, p.117–130. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.08.020>.

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

CASSOL, C. **Plantas de cobertura e adubação nitrogenada como fonte de nitrogênio à cultura do milho em plantio direto**. 2019, 86f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Agrônômica, Produção Vegetal, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2019.

COELHO, A. M. **Nutrição e adubação do milho**. 2006.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 10, safra 2022/23, n. 6, sexto levantamento, mar. 2023.

CONTINI, E.; MOTA, M.M.; MARRA, R.; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A.; SILVA, A. F.; SILVA, D.D.; MACHADO, J.R.A.; COTA, L. V.; COSTA, R. V. **Milho - Caracterização e Desafios Tecnológicos**: série desafios do agronegócio brasileiro (nt2). Brasília: Embrapa, 2019. 45 p.

DE MIRANDA, R A. **Breve história da agropecuária brasileira**. 2020.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras: Lavras: UFLA / FAEPE, 2005. 187 p. (Curso de Pós-Graduação "Lato Sensu" (Especialização) a Distância: Solos e Meio Ambiente).

FIESP – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Safra mundial de milho 2022/23 – 12º levantamento do USDA. 2023.**

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho. Jaboticabal: Funep, 2007.**

FUKAMI, J.; CERZINI, P.; HUNGRIA, M. Azospirillum: Benefits that Go Far beyond Biological Nitrogen Fixation. **AMB Express**, v.8, 2018, p.73.

FRANÇA, S.; MIELNICZUK J.; ROSA, L.M.G., BERGAMASCHI, H., BERGONCI, J.I. Nitrogênio disponível ao milho: Crescimento, absorção e rendimento de grãos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. 2011, v. 15, p. 1143-1151.

GALINDO, F.S.; da SILVA, E.C.; PAGLIARI, P.H.; FERNANDES, G.C.; RODRIGUES, W.L.; BIAGINI, A.L.C.; BARATELLA, E.B.; SILVA JUNIOR, C.A.; MORETTI NETO, M.J.; MURAOKA, T. Nitrogen use efficiency and recovery in a wheat-corn rotation under tropical savannah conditions. **Nutr. Cycl. Agroecosyst**. 2021, 119, 291–305.

GALINDO, F. S., RODRIGUES, W. L., FERNANDES, G. C., BOLETA, E. H. M., JALAL, A., ROSA, P. A. L., BUZETTI, S., LAVRES, J., TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Enhancing agronomic efficiency and maize grain yield with *Azospirillum brasilense* inoculation under Brazilian savannah conditions, **European Journal of Agronomy**. v. 134, 126471, ISSN 1161- 0301, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126471>.

GASPARETO, R.N.; JALAL, A.; ITO, W.C.N.; OLIVEIRA, C.E.d.S.; GARCIA, C.M.d.P.; BOLETA, E.H.M.; ROSA, P.A.L.; GALINDO, F.S.; Buzetti, S.; GHALEY, B.B. Inoculation with Plant Growth-Promoting Bacteria and Nitrogen Doses Improves Wheat Productivity and Nitrogen Use Efficiency. **Microorganisms**. 2023, 11, p. 1046. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11041046>.

HUNGRIA, M. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo/Mariangela Hungria. – Londrina; **Embrapa Soja**, 2011. 36p.

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. **Embrapa Soja-Documentos (INFOTECA-E)**, 2007.

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

LAMAS, F.M. Plantas de cobertura: o que é isso? **Embrapa Agropecuária Oeste**. 2017.

LANA, M. C., DARTORA, J., MARINI, D., HANN, J. E.. Inoculation with *Azospirillum*, associated with nitrogen fertilization in maize. **Revista Ceres**, v. 59, n. 3, p. 399-405, 2012.

LIMA FILHO, O.F.; AMBROSANO, E.J.; ROSSI, F.; CALOS, J.A. **D. Adubação verde e Plantas de cobertura no Brasil.: fundamentos e prática**. Brasília: Embrapa, 2014. 507 p.

LINDEMANN, W.C.; GLOVER, C. R. **Nitrogen fixation by legumes**. 2003.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O. M.; CARNEIRO, N.P.; PAIVA, E. **Fisiologia do Milho**. Sete Lagoas: Embrapa, 2002. 23 p.

MIGUEL, P.S.B.; DELVAUX, J.C.; OLIVEIRA, M.N.V.; CAMARGO, R.; FRANCO, M.H.R.; SOBREIRA, H.A.; SOARES, D.F.; JARDIM, V.H.P. BACTÉRIAS ENDOFÍTICAS: colonização, benefícios e identificação / endophytic bacteria. **Brazilian Journal Of Development**, [S.L.], v. 7, n. 1, p. 8777-8791, 2021. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv7n1-595>.

McDONALD, L.M.; WRIGHT, P.; MacLEOD, D.A. N fixation by *lablab* (*Lablab purpureus*) and lucerne (*Medicago sativa*) rotation crops in an irrigated cotton farming system. **Aust. J. Exp. Agric.** 2001, 41, 219–225.

MILLÉO, M.V.R.s; CRISTÓFOLI, I. Avaliação da Eficiência Agrônômica da Inoculação de *Azospirillum* sp. na Cultura do Milho. **Revista Scientia Agraria**, Curitiba, v. 17, n. 3, p. 14-23, jul. 2016.

RONDINA, A.B.L., SANZOVO, A.W.S., GUIMARÃES, G.S., WENDLING, J.R., Nogueira, M.A., HUNGRIA, M. Changes in root morphological traits in soybean co-inoculated with *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense* or treated with *A. brasilense* exudates. **Biol. Fertil. Soils**. 56, 2020, p. 537–549. <https://doi.org/10.1007/s00374-020>

SANTOS, P. A., Da SILVA, A. F., DE CARVALHO, M. A. C., CAIONE, G. Adubos verdes e adubação nitrogenada em cobertura no cultivo do milho. **Revista brasileira de milho e sorgo**. 9(2), 2010, p.123-134.

SOLOGUREN, L. Demanda mundial cresce e Brasil tem espaço para expandir produção. **Visão agrícola**, v. 13, n. 1, p. 8-13, 2015.

SOUZA E. M., GALINDO F. S., TEIXEIRA FILHO M. C. M., SILVA R.T., SANTOS A.C., FERNANDES G. C. A aplicação de nitrogênio associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* influencia a nutrição e a produtividade do milho? **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. 2019,v. 23, p. 53-59.

SHARMA, R; ADHIKARI, P.;SHRESTHA, J.; ACHARYA, B.P.. Response of maize (*Zea mays* L.) hybrids to different levels of nitrogen. **Aechives Of Agriculture And Environmental Science**, [S.L.], v. 4, n. 3, p. 295-299, 10 set 2019. Agriculture and Environmental Science Academy.

VIEIRA, Rosana Faria. **Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas**. 2017.

YADAV, S.; YADAV, J.; SINGH, S.G. Performance of Azospirillum for improving growth, yield and yield attributing characters of maize (*Zea mays* L.) in presence of nitrogen fertilizer. **Research Journal of Agricultural Sciences**, v. 2, n. 1, 2011, p. 139-141.

ZEFFA, D.M., PERINI, L.J., SILVA, M.B., DE SOUSA, N.V., SCAPIM, C.A., OLIVEIRA, A.L.M., AMARAL JUNIOR, A.T., GONÇALVES, L.S.A., 2019. *Azospirillum brasilense* promotes increases in growth and nitrogen use efficiency of maize genotypes. **PLOS One**. 2019, 14, e0215332. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215332>.

ZIECH, Ana Regina Dahlem. **Sistemas de produção de milho sob adubação nitrogenada e plantas de cobertura do solo**. 2016. 85 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Produção Vegetal, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016.