

INSTITUTO FEDERAL
GOIANO
Câmpus Rio Verde

AGRONOMIA

BACTÉRIAS DO GÊNERO *AZOSPIRILLUM*: INOCULAÇÃO NO MILHO

CRISTOVÃO LORETO BORDIGA

Rio Verde, GO

2022

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE**

AGRONOMIA

**BACTÉRIAS DO GÊNERO *AZOSPIRILLUM*: INOCULAÇÃO NO
MILHO**

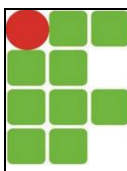
CRISTOVÃO LORETO BORDIGA

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Profa. Dra. Ana Paula Cardoso Gomide

Rio Verde - GO

Fevereiro, 2022

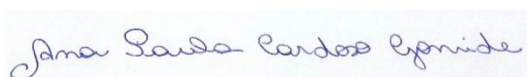
 <p>INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO Campus Rio Verde - GO</p>	<p>INSTITUTO FEDERAL GOIANO - CAMPUS RIO VERDE DIRETORIA DE ENSINO GERÊNCIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO</p>
---	--

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO (TC)

ANO	SEMESTRE
2022	1º

No dia dezessete do mês de fevereiro de 2022, às 18 horas e 30 minutos, reuniu-se a banca examinadora composta pela docente Dra. Ana Paula Cardoso Gomide, e os membros: Vinícius Triches, Leonardo Castelli Oliveira e Ruscarla Carvalho Moraes para examinar o Trabalho de Curso (TC) intitulado **Bactérias do gênero Azospirillum: inoculação no milho** do acadêmico **Cristovão Loreto Bordiga**. Matrícula nº 2015102200240307 do Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônoma do IF Goiano Campus Rio Verde. Após a apresentação oral TC, houve arguição do candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela **Aprovação** do acadêmico. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata, que segue datada e assinada pelos examinadores.

Rio Verde, 17 de fevereiro de 2022.

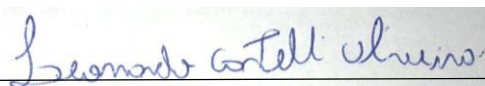


Ana Paula Cardoso Gomide
IF Goiano-Câmpus Rio Verde
Matrícula: 2143967

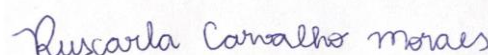
Prof^ª. Dr^ª. Ana Paula Cardoso Gomide
IFGoiano – Rio Verde



Eng^º Agrônomo Vinícius Triches
IFGoiano – Rio Verde



Eng^º Agrônomo Leonardo Castelli Oliveira
UNIRV – Rio Verde



Zootecnista Ruscarla Carvalho Moraes
IFGoiano – Rio Verde

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

Bordiga, Cristovão
BE729b BACTÉRIAS DO GÊNERO AZOSPIRILLUM: INOCULAÇÃO NO
MILHO / Cristovão Bordiga; orientadora Ana Paula
Gomide. -- Rio Verde, 2022.
26 p.

TCC (Graduação em Agronomia) -- Instituto Federal
Goiano, Campus Rio Verde, 2022.

1. Gramineas. 2. FBN. 3. Fixação biológica. 4.
Nitrogênio. I. Gomide, Ana Paula, orient. II. Título.

Responsável: Johnathan Pereira Alves Diniz - Bibliotecário-Docamentalista CRB-1 n°2376

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Cristovão Loreto Bordiga
Matrícula: 2015102200240307
Título do Trabalho: BACTÉRIAS DO GÊNERO AZOSPIRILLUM: INOCULAÇÃO NO MILHO

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: Será publicado em forma de artigo

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: ___/___/___
O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não
O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

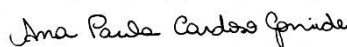
- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, GO _____, 13/04/2022.
Local Data



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:



Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 3/2022 - CCMZ-RV/CPG-RV/DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Ao(s) 17 dia(s) do mês de fevereiro de 2022, às 18 horas e 30 minutos, reuniu-se a banca examinadora composta pela docente: Ana Paula Cardoso Gomide (orientador), Ruscarla Carvalho Moraes (membro), Vinicius Triches (membro), Leonardo Castelli Oliveira (membro), para examinar o Trabalho de Curso intitulado "**BACTÉRIAS DO GÊNERO AZOSPIRILLUM: INOCULAÇÃO NO MILHO**" do(a) estudante Cristóvão Loreto Bordiga, Matrícula nº 2015102200240307 do Curso de Bacharelado em Agronomia do IF Goiano - Campus Rio Verde. A palavra foi concedida ao(a) estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição do(a) candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do(a) estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pela orientadora Ana Paula Cardoso Gomide e pela Ruscarla Carvalho Moraes em nome de todos os membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

Ana Paula Cardoso Gomide

Orientador(a)

(Assinado Eletronicamente)

Ruscarla Carvalho Moraes

Membro

Observação:

() O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Ruscarla Carvalho Moraes**, 2020102310240066 - Discente, em 15/03/2022 16:00:54.
- **Ana Paula Cardoso Gomide**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 15/03/2022 15:43:52.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 15/03/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://susp.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 367235
Código de Autenticação: 36b674c744



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3620-5600

BACTÉRIAS DO GÊNERO *AZOSPIRILLUM*: INOCULAÇÃO NO MILHO

RESUMO

BORDIGA, Cristovão Loreto. **Bactérias do gênero *azospirillum*: inoculação no milho.** 2021. 22p Monografia (Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônômica). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2021.

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho. Dentro da produção agrícola do milho, os fertilizantes nitrogenados constituem um dos mais altos custos do cultivo. O nível de produtividade em alguns locais é baixo, um dos principais motivos é a baixa disponibilidade de nutrientes no solo, principalmente nitrogênio. Por outro lado, a cultura pode se beneficiar do processo de fixação biológica do nitrogênio (FBN) e, dessa forma, reduzir a dependência de fertilizantes nitrogenados. A FBN consiste em um processo de transformação do N₂ na forma inorgânica combinada NH₃, sendo realizado por microrganismos conhecidos como fixadores de N₂ ou diazotróficos. Objetivou-se com o presente estudo, realizar uma revisão bibliográfica sobre a importância das bactérias do gênero *Azospirillum* em associação com gramíneas, especificamente milho, por meio de uma revisão bibliográfica em revistas e periódicos especializados no portal Periódicos Capes, utilizando as palavras-chaves: gramíneas, milho, *Zea mays*, fixação de N, nitrogênio, FBN, *Azospirillum*. O uso da *Azospirillum* na inoculação de sementes de milho é uma prática cada vez mais usual.

PALAVRAS-CHAVES: Gramíneas; FBN; fixação biológica; nitrogênio.

BACTERIA OF THE GENUS AZOSPIRILLUM: INOCULATION IN CORN

ABSTRACT

BORDIGA, Cristovão Loreto. Bacteria of the azospirillum genus: inoculation in corn. 2021. 22p Monograph (Bachelor's Degree Course in Agronomic Engineering). Federal Institute of Education, Science and Technology Goiano – Rio Verde Campus, Rio Verde, GO, 2021.

Brazil is the third largest corn producer in the world. Within the agricultural production of corn, nitrogen fertilizers constitute one of the highest costs of cultivation. The level of productivity in some places is low, one of the main reasons is the low availability of nutrients in the soil, mainly nitrogen. On the other hand, the crop can benefit from the biological nitrogen fixation (FBN) process and, in this way, reduce dependence on nitrogen fertilizers. FBN consists of a process of transforming N₂ into the combined inorganic form NH₃, which is carried out by microorganisms known as N₂ fixers or diazotrophs. The aim of this study was to conduct a literature review on the importance of bacteria of the genus *Azospirillum* in association with grasses, specifically corn, through a literature review in journals and specialized periodicals on the Capes Periodicals portal, using the keywords: grasses, corn, *Zea mays*, N fixation, nitrogen, FBN, *Azospirillum*. The use of *Azospirillum* in the inoculation of corn seeds is an increasingly common practice.

KEYWORDS: Grasses; FBN; biological fixation; nitrogen.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1	Cultura do milho	13
2.2	Segunda safra.....	14
2.3	Nitrogênio (N).....	15
2.4	Fixação biológica natural de Nitrogênio (FBN)	16
2.5	Fixação biológica do nitrogênio por meio de Azospirillum	16
2.6	O uso da FBN na cultura do milho	18
2.7	Azospirillum	19
3	CONCLUSÃO.....	21
4	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho (*Zea mays* L.), sendo essa cultura de forte importância para a agricultura, constituindo a gramínea mais cultivada no país. A produção nacional no ano de 19/20 foi de 102 milhões de toneladas em uma área de 18,4 milhões de hectares, de acordo com a Companhia nacional de abastecimento (CONAB, 2020).

Para a safra de milho 2020/21, a companhia apresenta nova expectativa de produção total do grão. Sendo então, esperado uma produção total de 109 milhões de toneladas, ou seja, aumento de 6,3% em relação à safra 2019/20. Existindo um aumento na expectativa de aumento de 10,1% da produção de milho (CONAB, 2021).

Essa cultura representa grande importância, pois apresenta diversas formas de utilização. Cerca de 70% da produção de milho é destinada para a alimentação animal, além de possuir um papel importante na culinária brasileira e gaúcha principalmente nas populações de baixa renda. A maioria dos produtores de milho, são de pequenos agricultores estes correspondentes a 56% do total de agricultores (SORDI, 2020).

Dentro da produção agrícola do milho, os fertilizantes nitrogenados constituem um dos mais altos custos do cultivo, devido ao grande uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos, obtidos da importação (HUNGRIA, 2011). O nitrogênio é o macronutriente mais exigido e seu suprimento impróprio é considerado um dos principais fatores limitantes ao crescimento e rendimento dos grãos. Sendo assim, plantas supridas com doses corretas de N, obtém crescimento satisfatório, podendo gerar maior produtividade (SILVA; SILVA; LIBADI, 2013).

O Nitrogênio (N) é um importante nutriente muito demandado pela maioria das culturas. Sua característica de grande mobilidade no solo e sua volatilidade o torna um dos entraves à produtividade (GALVÃO, 2012). O N proporciona os maiores efeitos nos componentes do rendimento e produtivos da cultura milho, influenciando diversas características do crescimento da planta. O manejo e recomendação do N é complexo, em virtude das várias reações químicas e biológicas a que está sujeito e de sua grande dependência das condições edafoclimáticas para absorção pela planta (MOTA et al., 2015).

O N afeta diretamente o crescimento do sistema radicular da planta de milho, o número e massa de grãos e a própria sanidade do grão, além de componentes da

produtividade essenciais, tais como o número de espigas por planta (MELGAR et al., 1991; MARTINS et al., 2012). A produtividade do milho está associada à atividade metabólica do carbono e do nitrogênio, tendo este um papel direto na acumulação de massa seca nos grãos (MACHADO et al., 1998).

O nível de produtividade em alguns locais é baixo, um dos principais motivos é a baixa disponibilidade de nutrientes no solo, principalmente nitrogênio (OLIVEIRA et al., 2009). Por outro lado, a cultura pode se beneficiar do processo de fixação biológica do nitrogênio (FBN) e, dessa forma, reduzir a dependência de fertilizantes nitrogenados.

A FBN consiste em um processo de transformação do Nitrogênio atmosférico (N_2) na forma inorgânica combinada Amônia (NH_3), sendo realizado por microrganismos conhecidos como fixadores de N_2 ou diazotróficos (NOVAKOWISKI et al., 2011).

Bactérias do gênero *Azospirillum* ganharam grande destaque mundialmente a partir da década de 1970, com os trabalhos da pesquisadora Dra. Johanna Döbereiner, que descobriu a capacidade de fixação biológica do nitrogênio dessas bactérias quando em associação com gramíneas. O modo exato de ação da bactéria ainda não é completamente conhecido, sendo a hipótese mais palpável a da aquisição de nutrientes eficientes, que postula que a promoção do crescimento da planta ocorre através de dois mecanismos principais, fixação biológica de nitrogênio e produção de fito-hormônios (DÖBEREINER; DAY, 1976; DÖBEREINER et al., 1976; DÖBEREINER; PEDROSA, 1987;)

Contudo, os estudos mostram que a contribuição dessa bactéria que promovem a FBN para a produção de milho tem mostrado resultados opostos (HUNGRIA et al., 2010; GODOY et al., 2011). GODOY et al. (2011) utilizaram inoculante com *Azospirillum brasilense* e não encontraram respostas positivas da inoculação sobre a produtividade do milho. Entretanto, HUNGRIA et al. (2010) avaliaram o uso de *Azospirillum brasiliense* sobre o milho e encontraram um aumento em 30% na produtividade em relação ao controle sem inoculação (BARTCHECHEN et al., 2010).

Objetivou-se com o presente estudo realizar uma revisão bibliográfica sobre a importância das bactérias do gênero *Azospirillum* em associação com gramíneas, especificamente milho, por meio de uma revisão bibliográfica em revistas e periódicos especializados no portal Periódicos Capes, utilizando as palavras-chaves: gramíneas, milho, *Zea mays*, fixação de N, Nitrogênio, FBN, *Azospirillum*.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 *Cultura do milho*

O milho pertence à classe Liliopsida, família Poaceae, gênero *Zea*, sendo classificado cientificamente como *Zea mays* L. Os primeiros registros do cultivo do milho datam de 7.300 anos atrás, e foram encontrados em pequenas ilhas próximas ao litoral do México. Seu nome, de origem indígena caribenha, significa "sustento da vida". Foi a alimentação básica de várias civilizações importantes ao longo dos séculos, sendo que os Olmecas, Maias, Astecas e Incas reverenciavam o cereal na arte e religião (KANEKO et al., 2016).

O milho é uma cultura de grande importância econômica e um componente importante dos mercados agrícolas nacionais e internacionais, como uma das principais commodities negociadas no mercado mundial (LOPES et al., 2017). Atualmente, o milho representa uma parcela significativa do mercado mundial de grãos, sendo o cereal mais produzido e consumido no mundo (CONTINI et al., 2019), utilizado na alimentação humana, animal e em mais de 150 diferentes produtos industriais (STRAZZI, 2015).

A produção de milho no Brasil é realizada na maioria das regiões em duas safras (safra de verão e safrinha), a produção brasileira de milho na safra 2018/19 foi de 100,04 milhões de toneladas, a produção da primeira safra foi de 25,65 milhões de toneladas e a segunda safra com 73,18 milhões de toneladas, com produtividade média nacional de 5.719 kg ha⁻¹ e 5.682 kg ha⁻¹ na safrinha (CONAB, 2020).

Entre os fatores que mais têm afetado a produtividade de milho, destacam-se o clima, manejo de nutrientes, fertilidade do solo, práticas culturais, potencial genético dos materiais e manejo de pragas e doenças (AMADO et al. 2002, FANCELLI; DOURADO NETO 2003).

Nas condições brasileiras, a cultura do milho apresenta ciclo variável entre 110 e 180 dias da semeadura a colheita, em função da caracterização dos genótipos em superprecoce, precoce e tardio (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000). De acordo com Resende et al. (2003), a identificação utilizada para definir o padrão de desenvolvimento da planta em estádios é: vegetativo (V) e reprodutivo (R). Os estádios vegetativos e reprodutivos podem ser subdivididos em:

- VE – Emergência;
- V1 - Uma folha desenvolvida;
- V2 - Duas folhas desenvolvidas;
- V3 - Três folhas desenvolvidas;
- V4 - Quatro folhas desenvolvidas;
- Vn - n folhas desenvolvidas;
- VT – Pendoamento;

- R1 - Embonecamento e Polinização;
- R2 - Grão Bolha d'água;
- R3 - Grão Leitoso;
- R4 - Grão Pastoso;
- R5 - Formação de dente;
- R6 - Maturidade Fisiológica.

Durante a fase vegetativa, cada estágio é definido de acordo com a formação visível do colar na inserção da bainha da folha com o colmo. Assim, a primeira folha de cima para baixo, com o colar visível, é considerada completamente desenvolvida (RESENDE et al., 2003).

2.2 Segunda safra

A segunda safra de milho, originalmente chamada de safrinha, é definida como o milho cultivado, de janeiro a abril, quase sempre depois da soja, na região Centro-Sul brasileira, envolvendo basicamente os estados do Paraná, São Paulo, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e, mais recentemente, Minas Gerais. Esse sistema de plantio, sem irrigação, teve seu início por volta de 1978/79 (SIMON; KAMADA; MOITEIRO, 2012).

O grande incremento da safrinha, verificado no início dos anos 80 no Paraná, foi atribuído principalmente a necessidade de milho para uso na propriedade, especialmente por suinocultores e avicultores, frustrações com as culturas do trigo e girassol e a perspectiva de colheita e comercialização do produto em época afastada de sua maior oferta. A partir das experiências pioneiras, esse sistema de plantio, inicialmente considerado marginal, feito fora da época normal e em condições climáticas desfavoráveis, cresceu tanto e estendeu-se a outras regiões que se tornou componente fundamental das cadeias produtivas que têm na produção e no consumo do milho um item importante (AGEITEC, 2009; ZUCARELI et al., 2013).

O cultivo de milho segunda safra tem adquirido relevância nos últimos anos em Mato Grosso em consequência das poucas alternativas para o período de outono/inverno; de híbridos com alta performance e elevado potencial produtivo; da utilização de cultivares de soja mais precoces e, em decorrência do “deslocamento” da época de semeadura da soja e do milho safrinha (SOUZA et al., 2011; KAPPES, 2013).

2.3 Nitrogênio (N)

O Nitrogênio (N), possui uma importância significativa no efeito sobre a taxa de crescimento e de rendimento de planta, é responsável por várias reações além de fazer parte da estrutura da clorofila, de enzimas e proteínas. Por ser elemento essencial, seu balanço afeta a formação de raízes, a fotossíntese, a produção e translocação de fotoassimilados e a taxa de crescimento entre folhas e raízes, sendo o crescimento foliar primeiramente afetado (HUNGRIA & MENDES, 2015; TAIZ & ZIEGER, 2009; LEITE et al., 2019).

Segundo Carvalho et al. (2011), as proteínas são polímeros de aminoácidos sintetizados biologicamente na célula, fazendo parte de componentes estruturais e materiais de reserva. Apresentando sempre em menor quantidade que os carboidratos ou lipídios na semente, com exceção da soja. Seu teor e composição pode variar em função do estado nutricional da planta, havendo assim uma correlação entre a adubação nitrogenada e o teor de proteína nas sementes de algumas culturas (CARVALHO et al., 2011; CARVALHO;).

Estima-se que para produzir 1.000 kg de grãos são necessários em torno de 80 kg de N. Porém, os solos brasileiros são muito pobres em N, e em geral fornecem apenas cerca de 10 a 15 kg ha⁻¹ para a cultura. Devido a isso, os fertilizantes minerais nitrogenados e a Fixação biológica de Nitrogênio (FBN) são as principais fontes de N utilizadas na agricultura (HUNGRIA et al., 2007).

A Fixação biológica de Nitrogênio (FBN) envolve o consumo de grandes quantidades de energia. Dessa forma, a enzima nitrogenase possui sítios que facilitam as trocas de alta energia dos elétrons. No entanto, com a presença de oxigênio esses sítios podem ser danificados, inativando irreversivelmente a nitrogenase. Devido a isso, os organismos fixadores de N funcionam sob condições naturais anaeróbicas ou criam um ambiente anaeróbico interno na presença deste gás, como é o caso do interior dos nódulos (TAIZ & ZEIGER, 2013).

Dada a sua importância, basicamente são duas as fontes de N para a cultura do milho, os fertilizantes nitrogenados e o N extraído da atmosfera e disponíveis por meio do processo de fixação biológica de Nitrogênio (FBN) realizado graças a simbiose com bactérias.

2.4 Fixação biológica natural de Nitrogênio (FBN)

O grande interesse na Fixação Natural de Nitrogênio (FBN) de gramíneas se deve ao fato de serem mais fáceis de usar a água do que as leguminosas, por apresentarem maior eficiência fotossintética. As gramíneas têm um sistema radicular em forma de feixe, o que apresenta vantagens em comparação com o sistema de rotação das leguminosas por conseguirem extrair água e nutrientes do solo. Portanto, mesmo que apenas uma porção de nitrogênio possa ser fornecida pela combinação com bactérias fixas, a economia em fertilizantes nitrogenados será igual ou maior do que a economia verificada por leguminosas que podem autossuficiência de nitrogênio, pois o custo de obtenção do uso de fertilizantes químicos serão reduzidos. (MARKS et al., 2013; MILLÉO; CRISTÓFOLI, 2016).

Nas últimas décadas foram feitas descobertas sobre o potencial das bactérias diazotróficas microaeróbias, do gênero *Azospirillum* (BODDEY; DÖBEREINER, 1995) as quais, quando associadas à rizosfera das plantas podem, contribuir com a nutrição nitrogenada dessas plantas, tornando-se alvo de estudo por parte de pesquisadores em biologia e fertilidade do solo. Assim sendo, o manejo correto dessa possível associação *Azospirillum spp.* e a cultura do Milho poderá resultar em incrementos de produtividade e em diminuição dos custos de produção, principalmente da aquisição de fertilizantes nitrogenados (DOBBELAERE; VANDERLEYDEN; OKON, 2003) que são de uso intensivo na cultura do milho (MARKS et al., 2013).

Toda via as *Azospirillum spp.* promovem efeitos no desenvolvimento das plantas de milho e em outras gramíneas, o que tem aumentado as pesquisas, mas, não somente quanto ao rendimento das culturas, mas também, com relação às causas fisiológicas que, possivelmente, aumentam esse rendimento (MARKS et al., 2013; MILLÉO; CRISTÓFOLI, 2016).

2.5 Fixação biológica do nitrogênio por meio de *Azospirillum*

O processo denominado de Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN), é considerado o segundo mais importante processo biológico do planeta, depois da fotossíntese. Os ganhos, além de ambientais, são econômicos, já que o mercado de fertilizantes apresenta grande dependência das importações (CARVALHO et al., 2011; LULICH et al., 2012;

HUNGRIA et al., 2013). Esse processo de Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) pode ser realizado através da adição de *Azospirillum* ao solo, podendo ser feita através de ação humana, quando se adota o Inoculante como seu principal meio de inserção no solo. O inoculante pode ser definido como uma substância desenvolvida pela mistura de bactérias (rizóbios; neste caso, o *Azospirillum*) e um substrato, que pode ser sólido (turfa) ou líquido, podendo ser aplicado de diversas formas, as mais comuns são, tratamento de semente, co-inoculação ao tratar a semente, aplicação via jato dirigido acoplado à semeadora, e via barra de pulverizador. Toda via, essas bactérias são capazes de capturar o nitrogênio da atmosfera e transformá-lo em nitrogênio assimilável pelas plantas, despedindo, dessa forma, a adubação nitrogenada química.

A máxima eficiência do processo de FBN pode ser afetada por diversos fatores bióticos e abióticos, como o déficit ou excesso hídrico, baixa fertilidade do solo, pH, temperaturas e a viabilidade das bactérias (SINCLAIR et al., 2007;).

Apesar da fixação biológica de nitrogênio por bactérias ser eficiente, é recomendado o uso de nitrogênio como adubação de base para a semeadura e outras doses via foliar, principalmente nas fases que correspondem ao florescimento e as que antecedem o enchimento de grãos. Estudos mostram que alguns genótipos precoces e semiprecoces com alto vigor produtivo necessitam de outra fonte de N além do que é fornecido pela FBN.

No Brasil, a *Azospirillum brasilense* é a principal espécie de bactéria, sendo pesquisada para a inoculação das culturas de milho e trigo (HUNGRIA, 2011). O N fixado pela bactéria torna-se disponível para a planta pela excreção direta da bactéria ou pela mineralização de bactérias mortas, não existindo uma relação de simbiose como a que ocorre, por exemplo, entre as raízes da soja e *Bradyrhizobium japonicum*. Nessa associação não simbiótica ocorre a colonização da rizosfera pelas bactérias e não há penetração delas nos tecidos radiculares nem formação de nódulos.

Além disso, essas bactérias estimulam a produção de hormônios nas plantas, como a auxina, que promove o crescimento de raízes, refletindo-se em maior capacidade de uso de água e nutrientes, sobretudo em situações de seca ou salinidade (TIEN et al., 1979). No entanto, há necessidade de elucidar a interação entre a inoculação de sementes de milho com *A. brasilense* e a aplicação de N em razão da diversidade de resultados obtidos nas mais diversas situações em que ele foi empregado.

Múltiplos estudos foram conduzidos utilizando inoculantes com formulação líquida ou sólida (turfa) à base de *Azospirillum* que culminaram na seleção de estirpes

com características importantes como maior sobrevivência no solo, maior promoção de crescimento das plantas e maior adaptação às tecnologias utilizadas nas culturas do milho e trigo. Atualmente algumas empresas produtoras de inoculantes priorizam a utilização de *Azospirillum brasilense* das estirpes AbV5 e AbV6 (HUNGRIA, 2011).

Todavia, a despeito da inoculação com *A. brasilense* ser uma tecnologia barata e de baixo impacto, o seu uso técnico ainda precisa ser melhorado, levando-se em consideração, entre outros fatores, os genótipos e o nível de investimento adotado na lavoura. Adicionalmente, é necessário buscar e avaliar novas estirpes e tipos de formulações de inoculantes para aumentar a eficiência da inoculação com o objetivo de diminuir a dose de fertilizantes nitrogenados ou aumentar o rendimento de grãos da cultura do milho (PANDOLFO et al., 2015).

2.6 O uso da FBN na cultura do milho

Diversos estudos mostram que o sucesso da inoculação parece estar diretamente relacionado com a especificidade da interação entre genótipos de plantas e as estirpes de bactérias, bem como, outros fatores edafoclimáticos (HUNGRIA, 2011; BRACCINI et al., 2012, PANDOLFO et al., 2015).

Existem diversas respostas diferenciais de genótipos de milho as estirpes da bactéria foram retratadas em alguns estudos como o de Garcia de Salomone et al. (1996) que avaliando o comportamento de 12 cultivares inoculados com estirpes específicas de *Azospirillum*, constataram que a eficiência da inoculação é dependente do genótipo do hospedeiro e da bactéria, sugerindo-se que selecionando os genótipos adequados, onde os fertilizantes nitrogenados podem ser parcialmente substituídos pela inoculação com *Azospirillum* (LIBÓRIO et al., 2016).

Montañez et al. (2005) em seu estudo verificaram diferenças nas respostas de genótipos das bactérias que colonizam a rizosfera das plantas. Alguns destes genótipos se mostraram mais responsivos a interação com bactérias diazotróficas em relação à fixação biológica do nitrogênio, além do que o nível de adubação nitrogenada pode influenciar nesse processo (LIBÓRIO et al., 2016).

A inoculação baseia-se na capacidade de promover o crescimento do *Azospirillum*, por meio da produção de diversos hormônios que estimulam o crescimento das plantas, principalmente das raízes e ainda por outros mecanismos, como a fixação biológica de nitrogênio. Por isso, o *Azospirillum* faz parte de um grupo de bactérias denominadas de promotoras de crescimento vegetal (LIBÓRIO et al., 2016).

2.7 *Azospirillum*

O gênero *Azospirillum* abrange um grupo de bactérias promotoras de crescimento de plantas de vida livre, onde são encontrados em quase todos os ecossistemas da terra; as bactérias desse gênero podem ser endofíticas facultativas (DÖBEREINER & PEDROSA, 1987; HUERGO et al., 2008). A espécie *Spirillum lipoferum* inicialmente foi exposta por Beijerinck e, em meados de 1978, a sua reclassificação foi proposta, passando a ser classificada como *Azospirillum*, junto com a descrição de duas espécies, *Azospirillum lipoferum* e *Azospirillum brasilense* (TARRAND et al., 1978); atualmente são descritas 14 espécies no gênero.

Bactérias deste gênero receberam grande destaque no cenário mundial a partir da década de 1970 (DÖBEREINER; DAY, 1976; DOBEREINER et al., 1976), a pioneira nesta descoberta da capacidade de fixação biológica do nitrogênio dessas bactérias em gramíneas foi feita pela pesquisadora da Embrapa, Dra. Johanna Döbereiner (1924-2000).

Ainda que o nitrogênio atmosférico (N_2) componha 78% dos gases atmosféricos, nenhum animal ou planta consegue utilizá-lo como nutriente, graças à tripla ligação existente entre os dois átomos do N_2 , a ligação entre os átomos de Nitrogênio (N) é uma das mais fortes de que se tem conhecimento na natureza. Nada obstante, os gases atmosféricos também se difundem para o espaço poroso do solo e o N_2 consegue ser aproveitado por alguns microrganismos (algumas arqueobactérias e, principalmente, bactérias) (HUNGRIA et al., 2007).

Por meio da ação de uma enzima na bactéria, chamada dinitrogenase, a qual é capaz de romper a tripla ligação do N_2 , uma vez rompida a ligação, o composto é reduzido a amônia, a mesma forma obtida no processo industrial. Essas bactérias, também denominadas como diazotróficas ou fixadoras de N_2 , se associam a diversas espécies de plantas em diferentes graus de especificidade, corroborando na classificação como bactérias associativas, endofíticas ou simbióticas (HUNGRIA et al., 2007).

Na literatura existem inúmeros trabalhos abonando que *Azospirillum* produz fitohormônios que estimulam o crescimento das raízes de diversas espécies de plantas. Tien et al. (1979), por exemplo, verificaram que os componentes responsáveis pelo estímulo do crescimento de raízes liberados por *Azospirillum brasilense* eram o ácido indol-acético (AIA), giberilinas e citocininas.

O máximo desenvolvimento das raízes pela inoculação com *Azospirillum* pode aludir em vários outros efeitos. Como incrementos na absorção da água e minerais, maior tolerância a estresses como salinidade e seca, resultando em uma planta mais vigorosa e produtiva (DOBBELAERE et al., 2001;). Possivelmente por promover um maior crescimento do sistema radicular e ainda promover uma melhor nutrição das plantas, também há vários relatos de maior tolerância a agentes patogênicos de plantas (CORREA et al., 2008).

Trabalhos mostram que a *Azospirillum* estimula respostas fisiológicas induzidas por Barassi et al. (2008) em seu estudo relatam uma melhoria no aparato fotossintético das folhas, incluindo o teor de clorofila e condutância estomática, bem como um maior teor de prolina na parte aérea e raízes, melhoria no potencial hídrico, incremento no teor de água, maior elasticidade da parede celular, maior produção de biomassa, maior altura de plantas.

Em 1996, a Embrapa Soja e o grupo da Universidade Federal do Paraná- Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, em Curitiba, constituíram uma parceria, por meio de projetos de pesquisa financiados pela Embrapa e pelo Ministério da Ciência e Tecnologia para a realização de ensaios de laboratório e testes de eficiência agrônômica de *Azospirillum* a campo. Neste estudo foram testadas e selecionadas estirpes de *Azospirillum* que apresentavam maior sobrevivência no solo, maior promoção de crescimento das plantas e maior adaptação às tecnologias utilizadas nas culturas do milho e do trigo. Considerando a inoculação do milho com as estirpes da *Azospirillum*, o rendimento médio dos tratamentos inoculados foi de 3407 kg ha⁻¹, 24% superior ao do tratamento controle (DOBBELAERE et al., 2001; BASHAN et al., 2004; CORREA et al., 2008)

3 CONCLUSÃO

O uso do *Azospirillum* na inoculação de sementes de milho é uma prática cada vez mais usual.

Com base nos estudos, o uso de inoculantes a base de *Azospirillum* mostram eficiência para a cultura do milho, além de serem uma forma viável para diminuir a dependência de adubo químico além de favorecer a produtividade

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGEITEC. **Milho safrinha**. Disponível em: Acessado em 02 jan. 2017.

AMADO, T. J. C. et al. **Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob plantio direto**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 241- 248, 2002.

BAHRY, C. A.; VENSKE, E.; NARDINO, M.; FIN, S; S.; ZIMMER, P. D.; SOUZA, V. Q.; CARON, B. O. Aplicação de ureia na fase reprodutiva da soja e seu efeito sobre os caracteres agrônômicos. Tecnologia & Ciência Agropecuária, v. 7, p. 9-14, 2013.

BARASSI, C.A.; SUELDO, R.J.; CREUS, C.M.; CARROZZI, L.E.; CASANOVAS, W.M.; PEREYRA, M.A. Potencialidad de Azospirillum en optimizer el crecimiento vegetal bajo condiciones adversas. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) *Azospirillum sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina*. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. P.49-59.

BARTCHECHEN, A. et al. Efeito da inoculação de Azospirillum brasilense na produtividade da cultura do milho (*Zea mays* l). **Campo Digital**, v. 5, p. 56-59, 2010.

BODDEY, R. M.; DOBEREINER, J. Nitrogen fixation associated with grasses and cereals: recent progress and perspectives for the future. **Nitrogen economy in tropical soils**, p. 241-250, 1995.

BRACCINI, A.L.et al. Seed Inoculation with Azospirillum brasilense Associated with the Use of Bioregulators in Maize. **Revista Caatinga**, v. 25, p. 58-64, 2012.

CARVALHO, R. P.; PINHO, R. G. V.; DAVIDE, L. M. C. Desempenho de cultivares de milho quanto à eficiência de utilização de nitrogênio. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v. 10, n. 2, p. 108-120, 2011.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Safra 2019/20, v. 7, n. 6 – Sexo levantamento, março de 2020.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Safra 2020/21, v. 8, n. 7 – sétimo levantamento, abril de 2021.

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.; MENDES, S. M. **Milho**: caracterização e desafios tecnológicos. Brasília, DF: Embrapa; Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2019. 45 p.

CORREA, O.S.; ROMERO, A.M.; SORIA, M.A.; DE ESTRADA, M. Azospirillum brasilense-plant genotype interactions modify tomato response to bacterial diseases, and root and foliar microbial communities. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) *Azospirillum sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina*. Argentina: **Asociación Argentina de Microbiología**, 2008. p. 87-95.

DOBBELAERE, S.; CROONRNBOGHES, A.; THYS, A.; PTACEK, D.; VANDERLEYDEN, J.; DUTTO, P.; LABANDERA-GONZALEZ, C.; CABALLERO-MELLADO, J.; AGUIRRE, J.F.; KAPULNIK, Y.; BRENER, S.; BURDMAN, S.; KADOURI, D.; SARIG, S.; OKON, Y. Responses of agronomically important crops to inoculation with *Azospirillum*. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.28, p.871-879, 2001.

DOBBELAERE, S.; VANDERLEYDEN, J.; OKON, Y. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.22, p.107-149, 2003.

DÖBEREINER, J.; DAY, J.M. Associative symbiosis in tropical grasses: characterization of microorganisms and dinitrogen-fixing sites. In: NEWTON W.E.; NYMAN, C.T. (Ed.) INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN FIXATION, vol. 2. **Proceedings... Pullman, USA: Washington State University Press**, 1976. p.518-538.

DÖBEREINER, J.; MARRIEL, I.; NERY, M. Ecological distribution of *Spirillum lipoferum* Beijerinck. **Canadian Journal of Microbiology**, v.22, p.1464-1473, 1976.

DÖBEREINER, J.; PEDROSA, F.O. Nitrogen-fixing bacteria in nonleguminous crop plants. **Science Tech, Springer Verlag**, Madison, USA, 1987. p. 1-155. (Brock/Springer series in contemporary bioscience).

FANCELLI, A. L. **Inovações tecnológicas no sistema de produção soja milho**. 176p. Piracicaba: USP/ESALQ/LPV, 2014.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Milho: **estratégias de manejo para alta produtividade**. Piracicaba: ESALQ/USP/LPV, 2003.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.

GALVÃO, T. R. Regulação coordenada da mobilização de lipídios e proteínas por hormônios, fontes de carbono e nitrogênio durante o crescimento pós-germinativo em Girassol. 2012. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.

GODOY, J. C. S.; WATANABE, S. H.; FIORI, C. C. L.; GUARIDO, R. C. Produtividade de milho em resposta a doses de nitrogênio com e sem inoculação das sementes com *Azospirillum* brasilense. **Campo Digital**, v. 6, p. 26-30, 2011.

HUERGO, L.F.; MONTEIRO, R.A.; BONATTO, A.C.; RIGO, L.U.; STEFFENS, M.B.R.; CRUZ, L.M.; CHUBATSU, L.S.; SOUZA, E.M.; PEDROSA, F.O. Regulação da fixação de nitrogênio em *Azospirillum* brasilense. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. ***Azospirillum* sp.**: Fisiologia celular, as interações de plantas e pesquisa agrônoma na Argentina. Associação Argentina de Microbiologia, Argentina, 2008.

HUNGRIA M.; MENDES I. C.; MERCANTE F. M. A fixação biológica do nitrogênio como tecnologia de baixa emissão de carbono para as culturas do feijoeiro e da soja. Londrina: Embrapa Soja; 2013.

HUNGRIA, M. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: Inovação em rendimento a baixo custo. **Embrapa Soja-Documents (INFOTECA-E)**, p. 1-36, 2011.

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-Documents (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 and Soil**, v. 331, p. 413-425, 2010.

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. **Brazilian Journal of Maize and Sorghum**, v. 15, n. 2, p. 202-216, 2016.

KAPPES, C. **Sistemas de cultivo de milho safrinha no mato grosso**. Associação Brasileira de Milho e Sorgo. 2013.

LEITE, R. D. C.; SANTOS, A. C. D.; SANTOS, J. G. D. D.; LEITE, R. D. C.; OLIVEIRA, L. B. T. D.; & HUNGRIA, M. Mitigation of mombasa grass (*Megathyrus maximus*) dependence on nitrogen fertilization as a function of inoculation with *Azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 43, 2019.

LIBÓRIO, P. H.; BÁRBARO-TORNELI, I. M.; NÓBILE, F. O.; ANUNCIACÃO, M. G.; MIGUEL, F. B.; SILVA, J. A. A. Inoculação com *Azospirillum brasilense* associada á adubação nitrogenada reduzida em híbridos de milho. **Nucleus**, v. 13, n. 2, p. 241-252, 2016.

LOPES, N.; SILVA, F. E.; COSTA, M. N.; RODRIGUES, W. Á.; CAMARA, F. Produtividade de fava e milho em função do sistema de consórcio em regime de sequeiro na região do Cariri-CE. **Agrarian Academy**, v. 4, n. 08, 2017.

LULICH, J. P. et al. Efeitos de uma dieta de prevenção de urólitos nas composições de glicosaminoglicanos, glicoproteína de Tamm-Horsfall e nefrocalcina em gatos com urolitíase de oxalato de cálcio. **American Journal of Veterinary Research**, v. 73, n. 3, pág. 447-451, 2012.

MACHADO, A. T.; SODEK, L.; DÖBEREINER, J.; REIS, V. M. Efeito da adubação nitrogenada e da inoculação com bactérias diazotróficas no comportamento bioquímico da cultivar de milho Nitroflint. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33. p. 961-970, 1998.

MARKS, B. B.; MEGÍAS, M.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Biotechnological potential of rhizobial metabolites to enhance the performance of *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense* inoculants with soybean and maize. **AMB Express, Münster**, v. 3, n. 1, p. 1-10, 2013.

MARTINS, F. A. D.; ANDRADE A. T.; CONDÉ, A. B. T.; GODINHO D. B.; CAIXETA, C. G.; COSTA, R. L.; POMELA, A. W. V.; SOARES, C. M. S. Avaliação

de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum brasilense*. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 113-128, 2012.

MELGAR, R. J.; SMYTH, T. J.; CRAVO, M.; SANCHEZ, P. A. Doses e épocas de aplicação de fertilizante nitrogenado para milho em latossolo da Amazônia Central. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 15, n. 3, p. 289-296, 1991.

MILLÉO, M. V. R.; CRISTÓFOLI, I. Avaliação da eficiência agronômica da inoculação de *Azospirillum* sp. na cultura do milho. **Scientia Agraria**, v. 17, n. 3, p. 14-23, 2016.

MONTAÑEZ, A. et al. Biological nitrogen fixation in maize (*Zea mays* L.) by ¹⁵N isotope-dilution and identification of associated culturable diazotrophs. **Biol Fertil Soils**, v. 45, p. 253-263, 2005.

MOTA, M. R.; SANGOI, L.; SCHENATTO, D. E.; GIORDANI, W.; BONIATTI, C. M.; DALL'IGNA, L. Fontes estabilizadas de nitrogênio como alternativa para aumentar o rendimento de grãos e a eficiência de uso do nitrogênio pelo milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 512-522, 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. **Ciências Agrárias**, Londrina, v.32, n.1, p.1687-1698, 2011.

OLIVEIRA, F. A. DE; CAVALCANTE, L. F.; DA SILVA, I. D. F.; PEREIRA, W. E.; DE OLIVEIRA, J. C.; DA C FILHO, J. F. Crescimento do milho adubado com nitrogênio e fósforo em um Latossolo Amarelo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 3, p. 238-244, 2009.

PANDOLFO, C. M.; VOGT, G. A.; BALBINOT JÚNIOR, A. A.; GALLOTTI, G. J. M.; ZOLDAN, S. R. Desempenho de milho inoculado com *Azospirillum brasilense* associado a doses de nitrogênio em cobertura. **Agropecu. Catarin.**, Florianópolis, v. 27, n. 3, p. 94-99, nov. 2014/fev. 2015.

RESENDE, M.; ALBUQUERQUE, P. E. P.; COUTO, L. **A cultura do milho irrigado**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 317p.

SALA, V. M. R.; CARDOSO, E. J. B.; FREITAS, J. G.; SILVEIRA, A. P. D. Novas bactérias diazotróficas endofíticas na cultura do trigo em interação com a adubação nitrogenada no campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 3, p. 1099- 1106, 2008.

SILVA, F. C.; DA SILVA, M. M.; LIBADI, P. L. Aplicação de nitrogênio no cultivo de milho, sob sistema plantio direto: efeitos na qualidade física do solo e características agronômicas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 1, n. 34, p. 3513-3527, 2013.

SIMON, G. A.; KAMADA, T.; MOITEIRO, M. Divergência genética em milho de primeira e segunda safra. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 2, p. 449-457, 2012.

SINCLAIR, T. R.; PURCELL, L. C.; KING CA (2007) Drought tolerance and yield increase of soybean resulting from improved symbiotic N₂ fixation. *Field Crops Research*, 101:68-71.

SORDI, A.; BERNARDI, G.; MARODIN, L. G.; DAI PRAI, M. Crescimento do milho submetido a aplicações de nitrogênio. **Anuário Pesquisa E Extensão Unoesc São Miguel Do Oeste**, v. 5, e25128, 2020.

SOUZA, J. A.; BUZETTI, S.; FILHO, M. C. M.T.; ANDREOTTI, M.; SÁ, M. E. de.; ARF, O. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha irrigado em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 447-454, 2011.

STRAZZI, S. Derivados do milho são usados em mais de 150 diferentes produtos industriais. *Revista Visão Agrícola–USP/ESALQ*, n. 13, p. 146-150, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 4th ed. Porto Alegre: Artmed; 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Plant Physiology= Fisiologia Vegetal*. **Editora Artemed: Porto Alegre, Brazil**, 2013.

TARRANT, J. J.; KRIEG, N. R.; DÖBEREINER, J. A taxonomic study of the Spirillum lipoferum group, with descriptions of a new genus, Azospirillum gen. nov. and two species, Azospirillum lipoferum (Beijerinck) comb. nov. and Azospirillum brasilense sp. nov. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 24, p. 967-980, 1978.

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

ZUCARELI, C.; BRZEZINSKI, C. R.; ABATI, J.; HENNING, F. A.; RAMOS JUNIOR, E. U.; NAKAGAWA, J. Lixiviação de íons potássio, cálcio e magnésio para determinação do vigor em sementes de milho doce. **Embrapa Soja-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2013.