

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**INOCULAÇÃO E COINOCULAÇÃO COMO
ALTERNATIVAS AO USO DE NITROGÊNIO MINERAL NA
CULTURA DO FEJÓEIRO COMUM**

Acadêmico Eder Fernandes Santana

AQUIDUANA-MS
FEVEREIRO/2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**INOCULAÇÃO E COINOCULAÇÃO COMO
ALTERNATIVAS AO USO DE NITROGÊNIO MINERAL NA
CULTURA DO FEJJOEIRO COMUM**

Acadêmico Eder Fernandes Santana

Orientador Profº Dr. Agenor Martinho Correa

“Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Aquidauana, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal”.

AQUIDUANA-MS
FEVEREIRO/2019

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

EDER FERNANDES SANTANA

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Agronomia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 26/02/2019.



Agenor Martinho Corrêa, Dr. UEMS
Orientador.



Francisco Eduardo Torres, Dr. UEMS



Léia Carla Rodrigues dos Santos Larson, Dra. SEPRONA

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57

S223i Santana, Eder Fernandes

Inoculação e Coinoculação como alternativas ao uso de nitrogênio mineal na cultura do feijoeiro comum/Eder Fernandes Santana. – Aquidauana,MS: UEMS, 2019.

72 p.

Dissertação (Mestrado) – Agronomia – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2019.

Orientador: Prof. Dr. Agenor Martinho Correa

1. *Azospirillum brasilensi* 2. Fixação biológica de nitrogênio
3. *Phaseolus vulgaris* L I. Correa, Agenor Martinho II. Título.

CDD 23. ed. - 635.652

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57

“O CONHECIMENTO NÃO OCUPA ESPAÇO MAS ESPANDE HORIZONTES”

William Miranda.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52

Dedico a minha esposa Lilian Campos Lopes Santana e aos meus filhos Nathan Eduardo Lopes Santana e Heloisa Lopes Santana, pelo apoio e compreensão pelos momentos em que dividi o tempo entre a família, trabalho e estudos.

AGRADECIMENTOS

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40

A Deus pela vida.

Aos meus Pais, Belarmina Fernandes Barbosa e Lazaro Santana Barbosa.

Aos meus irmãos, Lazaro Elto, Fernando e Carla.

A minha esposa Lilian Campos Lopes Santana pelo companheirismo.

Aos meus filhos, Nathan Eduardo Lopes Santana e Heloisa Lopes Santana, pelo carinho e compreensão nos momentos em que tive que dividir o tempo deles com meus estudos.

Aos colegas de trabalho, pelo apoio prestado.

A todos os professores da UEMS que participaram desta capacitação.

Ao professor Dr. Agenor Martinho Correa, pela orientação e pela confiança em mim depositada,

Aos alunos do curso técnico em agropecuária do CEPA, que acompanharão e auxiliaram no desenvolvimento do ensaio,

Aos integrantes do grupo PETpela colaboração nas atividades de campo e laboratoriais.

E a todos que contribuíram de alguma forma nesta caminhada.

Meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

1		
2	RESUMO	viii
3	ABSTRACT	ix
4	CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
5	1. INTRODUÇÃO.....	1
6	2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
7	2.1. Classificação botânica, origem e domesticação	3
8	2.2. Importância socioeconômica.....	5
9	2.3. Aspectos de produção da cultura do feijoeiro comum	8
10	2.4. Nitrogênio	9
11	2.5. Fixação Biológica de Nitrogênio	13
12	2.6. Bactérias Promotoras do Crescimento de Plantas (BPCPs)	18
13	2.7. Coinoculação.....	21
14	3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22
15	CAPITULO 2 - INOCULAÇÃO E COINOCULAÇÃO COMO ALTERNATIVAS AO USO DE	
16	NITROGÊNIO MINERAL NA CULTURA DO FEIJOEIRO COMUM	37
17	RESUMO	37
18	ABSTRACT	38
19	1. INTRODUÇÃO.....	39
20	2. MATERIAL E MÉTODO.....	41
21	3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	47
22	4. CONCLUSÕES	56
23	5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		
32		
33		
34		
35		
36		
37		
38		
39		

1 **INOCULAÇÃO E COINOCULAÇÃO COMO ALTERNATIVAS AO USO DO**
2 **NITROGÊNIO MINERAL NA CULTURA DO FEIJOEIRO COMUM**

3

4 **RESUMO:** O elevado custo do fertilizante nitrogenado industrializado, o impacto
5 ambiental decorrente do processo de sua obtenção, o seu potencial efeito poluidor e a alta
6 demanda desses fertilizantes pela cultura do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.),
7 induz a busca por alternativas, que eliminem ou minimizem o seu uso, sem que o
8 desempenho agrônômico da cultura seja prejudicado. Entre estas alternativas a fixação
9 biológica de nitrogênio (FBN) por meio da associação da cultura com estirpes de
10 *Rhizobium tropici* e/ ou *Azospirillum brasilense* (coinoculação) com bactérias promotoras
11 do crescimento, como a espécie *Azospirillum brasilense*, são alternativas que devem ser
12 avaliadas. Além do efeito benéfico isolado de cada um desses organismos, o que se espera
13 é a ocorrência do efeito sinérgico com a coinoculação superando os resultados obtidos no
14 desempenho da cultura quando as inoculações são utilizadas isoladamente. Por outro lado,
15 é também importante avaliar a ação desses organismos, isolados e em conjunto, na
16 presença e na ausência do N mineral. Desta forma, este trabalho, realizado na área
17 experimental da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, no ano agrícola 2016/2017,
18 teve como objetivo avaliar a eficiência da inoculação e da coinoculação em feijoeiro
19 comum com as bactérias *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* como alternativas ao
20 uso do N mineral utilizado na cultura.

21

22 **PALAVRAS-CHAVE:** *Azospirillum brasiliense*; Fixação biológica de nitrogênio;
23 *Phaseolus vulgaris* L.; *Rhizobium tropici*.

24

25

26

27

28

29

30

31

1 **INOCULATION AND COINOCULATION AS ALTERNATIVES TO THE USE OF**
2 **MINERAL NITROGEN IN COMMON BEAN CULTURE**

3
4 **ABSTRACT:** The high cost of industrialized nitrogen fertilizer, the environmental impact
5 resulting from the process of its production, its potential pollutant effect and the high
6 demand of these fertilizers by the common bean plant (*Phaseolus vulgaris* L.) crop, induce
7 the searching for alternatives that eliminate or minimize its use, without impairing the crop
8 agronomic performance. Among these alternatives the biological nitrogen fixation (BNF)
9 through the association of culture with strains of *Rhizobium tropici* and / or *Azospirillum*
10 *brasilense* (coinoculation) with growth promoting bacterias, such as *Azospirillum*
11 *brasilense*, they are alternatives that should be evaluated. In addition to the isolated
12 beneficial effect from each one of these organisms, what is expected is the synergistic
13 effect occurrence with the co-inoculation surpassing the results obtained in the culture
14 performance when the inoculations are used alone. On the other hand, it is also important
15 to evaluate the action of these organisms, isolated and together, in the presence and absence
16 of the mineral N. Therefore, the purpose of this work, realized in the experimental area of
17 the State University of Mato Grosso do Sul, in the agricultural year 2016/2017, was to
18 evaluate the efficiency of the inoculation and co-inoculation in common bean plant with
19 the *Rhizobium tropici* and *Azospirillum brasilense* bacterias as alternative to the use of the
20 mineral N used in the crop.

21
22 **KEY WORDS:** *Azospirillum brasilense*; Biological fixation of nitrogen; *Phaseolus*
23 *vulgaris* L.; *Rhizobium tropici*.

24

1 **CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS**

3 **1. INTRODUÇÃO**

4
5 Embora se saiba que as atuais cultivares de feijoeiro comum possuem potencial
6 produtivo para alcançar produtividade de grãos acima de 5.000 kg ha⁻¹ (RICHETTI; ITO,
7 2015; CONAB, 2018) este potencial raramente tem sido alcançado em função dos altos
8 riscos da cultura que desencorajam maiores investimentos por parte dos produtores. A sua
9 elevada suscetibilidade às doenças e aos estresses climáticos, certamente contribui para a
10 sua baixa produtividade e o desestímulo dos produtores. Rosolém; Marubayashi (1994)
11 comentam que a irrigação e a adubação são fatores decisivos na modificação deste quadro.

12 No que tange à adubação, dentre os nutrientes minerais considerados essenciais
13 para o crescimento, desenvolvimento e produção do feijoeiro comum, o Nitrogênio (N) é o
14 exigido e exportado em maior quantidade pela planta. Componente dos aminoácidos,
15 nucleotídeos, ácidos nucléicos, enzimas, clorofila, hormônios e outros constituintes da
16 célula, exerce funções essenciais na planta sendo determinante para o seu desenvolvimento
17 vegetativo vigoroso, para a massa dos grãos, número de grãos por vagem, qualidade e
18 produtividade de grãos (HOPKINS, 1995; ALVAREZ et al., 2005; CARDOSO, 2011).
19 Segundo Oliveira et al. (1996) é necessária quantidade superior a 100 kg ha⁻¹ de N para
20 garantir a extração do nutriente associada.

21 Um fator limitante ao emprego dos fertilizantes nitrogenados é o seu alto custo,
22 haja vista que grande parte da matéria prima utilizada na sua fabricação é importada
23 (DEPEC, 2016). Há um alto gasto de fontes energéticas na sua fabricação, que cada
24 tonelada de amônia sintetizada necessita-se de aproximadamente seis barris de petróleo
25 (HUNGRIA et al., 2007). O seu custo elevado contribui para o aumento do custo de
26 produção da cultura e, conseqüentemente, para o uso de doses deficitárias do nutriente
27 pelos produtores, principalmente aqueles que muitas vezes adotam baixos níveis de
28 tecnologia em seus cultivos, resultando em menor produtividade de grãos.

29 Os adubos nitrogenados apresentam também elevado potencial de danos ao meio
30 ambiente, notadamente os nitratos (NO₃) que por serem altamente solúveis são facilmente
31 lixiviáveis contaminando lençóis freáticos, comprometendo a qualidade da água para o
32 consumo humano, além da baixa eficiência de sua utilização pelas plantas, raramente

1 ultrapassando 50% (ROSOLEM, et al., 2003; HUNGRIA et al., 2007). Diante desses fatos
2 torna-se imprescindível a busca por alternativas que substituam ou minimizem o uso do N
3 mineral, com vistas não somente à redução dos custos de produção, mas também redução
4 do impacto ambiental.

5 Outro grupo de microrganismos benéficos é representado por bactérias associativas
6 capazes de promover o crescimento das plantas por meio de vários processos, incluindo a
7 produção de hormônios de crescimento (auxinas, giberelinas, citocininas e etileno), a
8 indução de resistência sistêmica a doenças e estresses ambientais, a capacidade de
9 solubilizar fosfatos e também a FBN. Dentre essas bactérias, destacam-se as pertencentes
10 ao gênero *Azospirillum*, utilizadas mundialmente como inoculantes (HUNGRIA et al.,
11 2010)

12 Considerando os benefícios atribuídos a diversas culturas pela inoculação com
13 *Azospirillum* deduz-se que a coinoculação com ambos os organismos pode melhorar o
14 desempenho das culturas em uma abordagem que respeita as demandas atuais de
15 sustentabilidade agrícola, econômica, social e ambiental (HUNGRIA et a., 2013). Desta
16 forma, embora já existam estudos em outros países que reportem aos benefícios de
17 coinoculação de rizóbios e *Azospirillum*, bem como estudos abordando a eficiência da FBN
18 na cultura do feijoeiro, não devemos perder de vista que os resultados são variáveis em
19 decorrência das interações dos genótipos com os ambientes, daí o objetivo deste trabalho
20 em avaliar as fontes alternativas (inoculação e coinoculação) ao uso do N mineral dentro
21 do propósito de eliminar ou minimizar o seu uso na cultura do feijoeiro comum.

22

23

24

25

26

27

28

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Classificação botânica, origem e domesticação

O feijoeiro comum é uma planta pertencente a ordem Rosales, família Fabaceae, sub-família Faboideae, tribo Phaseoleae, gênero *Phaseolus* e espécie *Phaseolus vulgaris* L. (VILHORDO, 1996). Revisões do gênero indicam que o número de espécies pode variar de 31 a 52, todas originárias do continente americano, sendo somente cinco cultivadas: *P. vulgaris* L., *P. lunatus* L., *P. coccineus* L., *P. acutifolius* A. Gray e *P. polyanthus* Greeman (DEBOUCK, 1991, 1999). Dessas, o feijoeiro comum é a espécie de maior importância econômica, contribuindo com cerca de 95% da produção mundial de *Phaseolus* (MARIOT, 1989), tendo grande destaque por ser a mais antiga em cultivo e estar presente nos cinco continentes (YOKOYAMA; STONE, 2000)

A espécie é anual com plantas autógamas com baixa taxa de alopoliploidia, possuindo 22 cromossomos diplóides ($2n = 22$) e a maioria das cultivares é insensível ao fotoperíodo. (RAMALHO et al., 1998). É considerada não cêntrica, isto é, não possui um centro específico de localização de origem tendo sido domesticada em centros de domesticação independentes (HARLAN, 1975). Vestígios arqueológicos da espécie cultivada chegam a idades próximas de 10.000 anos (GEPTS; DEBOUCK, 1991).

Ramalho et al. (1993) mencionam a importância de distinguir centro de origem de centro de diversidade ou domesticação. O centro de domesticação corresponde ao local ou aos locais onde ocorre a maior variabilidade genética entre os indivíduos da espécie cultivada e das espécies relacionadas enquanto o centro de origem é a área geográfica em que a espécie se originou.

A origem americana da espécie é corroborada pelo fato de formas silvestres de *P. vulgaris* L. terem sido encontradas apenas nas Américas e serem consideradas como ancestrais das atuais formas cultivadas. Tais formas ocorrem do norte da Argentina até o norte do México, cobrindo uma extensão quase contínua de 7.000 km² de zonas montanhosas com 500 a 2.500 m de altitude (DEBOUCK e THOME, 1989).

As formas silvestres cruzam-se facilmente com as modernas variedades de *P. vulgaris* produzindo gerações F₁ e F₂ férteis, fato que indica que elas e as cultivadas pertencem à mesma espécie, não tendo emergido entre elas nenhum mecanismo reprodutivo que as isolassem (GEPTS e DEBOUCK, 1991). Embora, o local exato da origem do feijoeiro comum ainda seja motivo de controvérsias por muitos autores, para

1 Freitas (2006) a origem do feijoeiro é resultante de um único evento, apenas um centro de
2 origem, abordando desde o México até a Colômbia e o Equador.

3 Atualmente, com base em evidências arqueológicas, bioquímicas, moleculares e
4 morfológicas, se aceita a hipótese que o feijão comum teve dois centros principais de
5 domesticação e um terceiro de menor expressão, todos localizados na América Latina. O
6 primeiro localiza-se na região central das Américas e é denominado de centro
7 mesoamericano. Estende-se desde o sudoeste dos Estados Unidos até o Panamá, tendo
8 como zonas principais o México, Guatemala, Nicarágua, El Salvador, Honduras e Costa
9 Rica, sendo nele encontrado os tipos mais cultivados de *P. vulgaris*, *P. lunatus*, *P.*
10 *coccineus* e *P. acutifolius* (DEBOUCK, 1988; GEPTS e DEBOUCK, 1991).

11 O segundo localiza-se no sul dos Andes, é denominado de centro sul andino e se
12 estende do norte do Peru até as províncias do noroeste da Argentina, sendo nele
13 encontradas as espécies *P. vulgaris*, *P. lunatus* e *P. vulgaris* var. *aborigineus*. O terceiro
14 centro, o norte andino, provavelmente intermediário entre os dois primeiros, se estende
15 desde a Colômbia, Venezuela até o norte do Peru e possui menos espécies que o centro
16 mesoamericano (DEBOUCK, 1988; GEPTS e DEBOUCK, 1991).

17 Análises com base em padrões eletroforéticos de faseolina confirmam as hipóteses
18 acima mencionadas. A faseolina é a mais importante proteína de reserva do grão do feijão
19 (OSBORN, 1988), é uma globulina solúvel somente em altas concentrações salinas,
20 correspondendo de 35 a 56% do nitrogênio total da semente (MA; BLISS, 1978). É
21 detectada nos cotilédones 14 dias após o florescimento, sendo seu armazenamento
22 estendido por mais 12 a 14 dias (SUN et al., 1979).

23 De acordo com Gepts et al. (1986), no centro mesoamericano predomina nos
24 feijões silvestres e cultivados a faseolina do tipo “S” (92%) e a domesticação deu origem a
25 cultivares com sementes pequenas, nos feijões do centro sul andino, especialmente nas
26 formas selvagens, predomina a faseolina do tipo “T”(50%) e as cultivares domesticadas
27 possuem sementes grandes. O tipo “B” foi encontrado somente em feijoeiros cultivados na
28 Colômbia cuja domesticação originou cultivares com sementes pequenas.

29 Combinando estas informações, em que se observa correlação entre o tamanho de
30 semente e o tipo de faseolina, diversos autores (GEPTS et al.,1986; GEPTS;BLISS 1986;
31 DEBOUCK,1988 e GEPTS; DEBOUCK,1991) ratificaram a hipótese da existência dos
32 três centros de domesticação do feijoeiro comum na América Latina e o surgimento de

1 técnicas moleculares para análise genômica permitiu a confirmação das hipóteses acima
2 levantadas sobre a origem e diversificação do feijoeiro (KHAIRALLAH, 1992;
3 VASCONCELOS, 1995).

4 No Brasil há predominância de materiais de origem mesoamericana, com
5 distribuição uniforme nas diversas regiões (PEREIRA; SOUZA, 1992). Vieira et al. (1989)
6 mencionam que são comuns no Brasil as cultivares de sementes pequenas e faseolina do
7 tipo “S”, como os feijões Carioca, Chumbinho, Rosinha e muitos outros e também feijões
8 graúdos, com faseolina tipo “T”, como as cultivares Manteigão Fosco, Goiano Precoce,
9 Jalo e muitos outros.

11 **2.2. Importância socioeconômica**

12 O feijão tem pouca importância comercial em termos mundiais, pois seu consumo
13 é pequeno e até mesmo inexistente nos países mais desenvolvidos. O fato dos grandes
14 produtores mundiais serem também os maiores consumidores, gera poucos excedentes
15 exportáveis, limita o conhecimento do mercado e, conseqüentemente, o comércio
16 internacional do produto (CONAB, 2017). Um dos motivos para o baixo comércio
17 internacional de feijão é a ampla variedade de tipos e as diferenças de hábitos alimentares
18 entre os países e até entre as regiões. O principal tipo produzido pelo Brasil é o tipo carioca
19 que apesar de ter a preferência nacional, não tem boa aceitação no mercado externo
20 (DEPEC, 2017).

21 Apesar da sua pouca importância no cenário mundial, os grãos de feijão
22 representam uma importante fonte protéica na dieta humana dos países em
23 desenvolvimento das regiões tropicais e subtropicais, particularmente nas Américas e no
24 leste e sul da África (EMBRAPA, 2003). Os maiores produtores mundiais de feijão são
25 Myanmar, Índia, Brasil, Estados Unidos, México e Tanzânia, responsáveis por 56,99% do
26 total produzido no mundo, ou 15,3 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2018, FAO, 2019).

27 No Brasil o feijoeiro comum é uma das principais culturas. A sua importância
28 social e econômica é destacada por sua relevância na dieta alimentar da população,
29 constituindo uma das fontes primordiais de proteína principalmente para a população de
30 menor poder aquisitivo, e pelo fato do seu cultivo ser distribuído em todo o território
31 brasileiro, desde pequenas propriedades de agricultura familiar, como cultura de
32 subsistência, até mesmo por produtores que adotam sistema de tecnologia avançada de

1 produção (YOKOYAMA, 2002). Considerado indispensável para segurança alimentar e
2 nutricional do país, o consumo *per capita* de feijão vem diminuindo nos últimos anos,
3 tendo passado de 17 kg, em 2012, para 15 kg por pessoa por ano em 2018. (BARBOSA;
4 GONÇALVES, 2012; EMBRAPA, 2018).

5 Outro fator que torna o feijoeiro um dos produtos agrícolas de maior importância
6 socioeconômica está relacionado à sua cadeia de produção de grãos, beneficiamento e
7 comercialização, que gera ocupação e renda principalmente na agricultura familiar
8 utilizada como mão-de-obra desde o preparo para a semeadura até o produto final no
9 mercado (GONÇALVES et al., 2010).

10 No Brasil, o feijão faz parte da cultura alimentar, sendo visto como prato
11 indispensável do dia-a-dia e como uma das principais fontes protéicas (PHILIPPI, 2008;
12 CASCUDO 2011). O padrão arroz-feijão ainda é predominante no Brasil,
13 indispensavelmente oferecido como preparações fixas na quase totalidade dos cardápios
14 das unidades produtoras de refeições comerciais e coletivas.

15 A semente de feijão comum tem em média de 20 a 25% de proteínas (GEIL;
16 ANDERSON,1999), todavia, quando se analisa o perfil de aminoácidos constata-se que a
17 proteína é deficiente em aminoácidos sulfurados (metionina e cisteína), e rico em lisina
18 ambos essenciais na alimentação, sendo a metionina o aminoácido mais limitante
19 (DONADEL; PRUDÊNCIO-FERREIRA, 1999). Em contraste, os cereais são deficientes
20 em outro aminoácido essencial, a lisina é rico em aminoácidos sulfurados (VIEIRA, 1983).
21 Por tal razão, a mistura arroz-feijão possui importante papel na população brasileira,
22 fornecendo proteína vegetal de boa qualidade (VIEIRA, 1983; BRASIL, 2006).

23 Além da proteína, o feijão comum fornece também ferro, carboidratos e fibras
24 (LIMA et al., 2003). A presença de fibras alimentares contribui na prevenção de diarreia,
25 na redução do desenvolvimento de câncer de colo, na melhoria dos níveis de lipídios, no
26 controle da pressão arterial e na tolerância à glicose (COSTA, 2004; QUEIROZ-MONICI,
27 2005).

28 Por outro lado, do ponto de vista econômico a cultura do feijoeiro comum se
29 destaca pela área cultivada, que na safra 2017/2018 foi de 1.662.500 ha (CONAB, 2018).
30 Anualmente a cultura vem respondendo por cerca de 4% da área total cultivada com grãos
31 no Brasil, ocupando a terceira colocação em área plantada, atrás apenas da soja e do milho.
32 A cultura destaca-se também, do ponto de vista econômico, pelo volume de produção, que

1 na safra 2017/2018 foi de 2.329.500 toneladas de grãos, que a coloca como a quinta maior
2 cultura produtora de grãos no país, sendo superada pela soja, milho, arroz e trigo (CONAB,
3 2018).

4 A produtividade média de grãos obtida na safra 2017/2018, de 1401,11 kg ha⁻¹
5 (CONAB, 2018) é considerada baixa quando comparada com as demais culturas
6 produtoras de grãos, bem abaixo do potencial produtivo dos cultivares recomendados
7 atualmente que está acima de 5.000 kg ha⁻¹ (RICHETTI; ITO, 2015). Todavia, há de se
8 considerar que nos últimos anos ocorreu significativo aumento na produtividade média de
9 grãos, graças à expansão da “terceira época” de cultivo ou safra “outono-inverno”, em que
10 os riscos são minimizados pela irrigação e se adota tecnologias mais avançadas de
11 produção em que, de acordo com Silva et al. (2011), tem sido possível alcançar
12 produtividades de grãos superiores a 3.000 kg ha⁻¹.

13 Segundo previsão da Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB
14 (CONAB, 2019) o Brasil deverá colher na safra 2018/2019, 2.308.700 toneladas de grãos
15 de feijão comum, considerando os três ciclos da cultura, com produtividade média de
16 1.500,22 kg ha⁻¹. 80% da produção é de cultivares com grãos do tipo carioca e o restante
17 com grãos preto. Os estados do Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso e Goiás, são os maiores
18 produtores nacionais e respondem juntos por mais de 50% do total de feijão produzido no
19 Brasil. O consumo nacional de feijão tem se situado ligeiramente acima da produção
20 nacional o que tem obrigado o governo brasileiro a importar, anualmente, pequenos
21 volumes do grão para suprir o abastecimento interno (CONAB, 2018).

22 Diversas são as causas atribuídas à baixa produtividade da cultura do feijoeiro
23 comum no Brasil. Ramalho et al. (1997) mencionam entre outras, as diversidades de
24 sistema de cultivo, dificuldades de mecanização agrícola, suscetibilidade às pragas e
25 fitopatógenos, suscetibilidade à estresse ambiental, baixo índice de utilização de insumos,
26 inclusive de sementes certificadas e utilização de cultivares mal adaptadas.

27 A espécie, pela sua ampla adaptação edafoclimática é cultivada o ano todo
28 praticamente em todos os estados brasileiros, sobressaindo, contudo, três épocas distintas
29 de cultivo, com semeaduras que se estendem de setembro a novembro (feijão “das águas”
30 ou da primeira safra), de janeiro a março (“feijão da seca” ou da segunda safra) e de maio a
31 julho (safra “outono-inverno” ou “terceira época”) (EMBRAPA, 2009; SOUSA et al.,
32 2009). O fato do feijoeiro comum ser cultivado em diferentes regiões do Brasil, em

1 diferentes condições climáticas e, praticamente, durante todo o ano, faz com que sempre
2 haverá produção de feijão em algum ponto do país, contribuindo para a manutenção do
3 abastecimento interno (BARBOZA: GONZAGA, 2012).

4 No mercado brasileiro há uma ampla diversidade e preferência dos consumidores
5 quanto aos tipos de grãos comercializados, especialmente no que se refere à forma,
6 tamanho, brilho e cores. A preferência por determinadas cores de grãos varia de acordo
7 com o estado ou mesmo entre regiões, todavia, a preferência é para os grãos tipo carioca e,
8 em segundo lugar, para os grãos pretos.

9 Novas variedades de feijão com grãos de tamanho médio a grande, tegumento
10 branco, vermelho, creme, amarelo, entre outros, com ausência ou presença de estrias ou
11 rajadas de outras cores, denominadas de “grãos especiais” (BLAIR et al., 2010) foram
12 lançadas nos últimos anos e vêm se constituindo em alternativa para a comercialização no
13 mercado mundial. Nesse grupo estão os feijões andinos do tipo Jalo, rajado, vermelho,
14 branco, entre outros, que apresentam produção muito incipiente no Brasil devido à falta de
15 cultivares adaptados e com alta produtividade de grãos. Isso porque o número de
16 programas de melhoramento que desenvolvem cultivares de feijão de grãos especiais é
17 ainda muito restrito no Brasil (RIBEIRO et al., 2014).

18 **2.3. Aspectos de produção da cultura do feijoeiro comum**

19 Apesar da cultura do feijoeiro comum apresentar grande importância econômica e
20 social para o Brasil, sua produtividade de grãos ainda é baixa e dentre os fatores
21 responsáveis pela ocorrência desse fato pode-se citar o baixo nível tecnológico empregado
22 na cultura, em grande parte pela agricultura familiar, como a adubação e o controle
23 fitossanitário ausente ou insuficiente (RABELO, 2010).

24 De acordo com Rosolém; Marubayashi (1994) a adubação e a irrigação são fatores
25 decisivos na modificação deste quadro. Oliveira et al. (2004) também mencionaram que a
26 adubação e a irrigação exercem papéis importantes na cultura do feijoeiro comum, pois
27 contribuem para o aumento da produtividade de grãos e o desenvolvimento da cultura.

28 O feijoeiro comum é considerado uma cultura exigente em nutrientes por ser
29 extremamente sensível aos estresses ambientais (FAGÉRIA et al., 1996). Segundo
30 Rosolém; Marubayashi (1994), o fato de o seu sistema radicular ser pequeno e superficial,
31 além do seu ciclo curto (60 a 90 dias), contribui ainda mais para a sua alta exigência
32 nutricional, necessitando, que os nutrientes estejam prontamente disponíveis nos momentos

1 de demanda e nos locais adequados para que a produtividade de grãos não seja limitada
2 (SILVA; SILVEIRA, 2000).

3 Lopes; Faria (1995) relataram que a extração de nutrientes pelo feijoeiro comum,
4 depende da cultivar e da produtividade de grãos almejada, haja vista que, algumas
5 cultivares são mais eficientes na absorção, extração e utilização de nutrientes que outras.
6 Desse modo diferentes resultados têm sido obtidos por diversos autores sobre a extração de
7 nutrientes pelo feijoeiro comum. Outros fatores, como a fertilidade do solo, a irrigação e as
8 condições ambientais também devem ser considerados (FAGÉRIA et al., 1996).

9 Como todas as leguminosas, o feijoeiro é uma cultura exigente em pH e, segundo
10 Rosolem (1987), a faixa adequada do pH em água está entre 6,0 e 6,5, principalmente
11 quando se pensa em aproveitar a simbiose como fonte de nitrogênio. A espécie é
12 considerada também bastante sensível a concentrações tóxicas de Al e Mn (ROSOLEM,
13 1987; FAGERIA; SANTOS, 1997), condição bastante comum nos solos brasileiros onde
14 usualmente a espécie é cultivada.

15 Embora se encontrem disparidades na literatura com relação às quantidades de
16 nutrientes absorvidas pelo feijoeiro comum, normalmente a exigência é maior que a da
17 soja, por exemplo, (ROSOLEM; MARUBAYASHI, 1994). Vários autores têm
18 mencionado ser o nitrogênio, (N) seguido do potássio e do cálcio (Ca) os nutrientes
19 extraídos do solo em maiores quantidades pelo feijoeiro. Por outro lado, quando se analisa
20 a exportação desses nutrientes pelos grãos, o fósforo, proporcionalmente à quantidade
21 extraída, é o nutriente mais exportado pelas plantas, seguido do nitrogênio e do potássio,
22 raramente ocorrendo inversões nestas ordens (OLIVEIRA, et al., 1996; PERES et al, 2013,
23 PEGORARO et al., 2014).

24 O nitrogênio por ser o nutriente extraído do solo em maiores quantidades pelas
25 plantas do feijoeiro comum é, evidentemente, um elemento fundamental no
26 desenvolvimento e na produtividade da cultura, razão pela qual é importante, para fins
27 práticos de manejo de adubação, entender a sua dinâmica no solo, na atmosfera e na planta.

29 **2.4. Nitrogênio**

30 O nitrogênio (N) é, depois do Carbono (C), Hidrogênio (H) e Oxigênio (O) o
31 elemento mais demandado pelos vegetais. Cerca de 98% do N existente encontra-se na
32 litosfera (solos, rochas, sedimentos, materiais fósseis) e na atmosfera terrestre, que é

1 composta, em média por 78 % de N, principalmente sob a forma de N_2 . Embora em
2 quantidade infinitamente menor, o N acumulado na biosfera corresponde ao maior
3 reservatório de formas biologicamente ativas.

4 A sua maior parte (96%) encontra-se na matéria orgânica morta no solo e o
5 restante nos organismos vivos. Na natureza, o elemento encontra-se em equilíbrio
6 dinâmico entre as formas livres e fixadas e a passagem de uma para outra pode ocorrer por
7 vários processos que constituem o que se denomina ciclo do nitrogênio no solo.

8 O N é absorvido pelas plantas nas formas de amônio (NH_4^+) e de nitrato (NO_3^-),
9 sendo a última a forma pela qual quase todo nitrogênio se move do solo para as raízes. Nas
10 plantas tem papel fundamental no metabolismo, pois é utilizado na síntese de aminoácidos,
11 além de fazer parte de importantes compostos orgânicos como as nucleótides (ATP, ADP,
12 NAD e NADP); a clorofila e outras moléculas orgânicas semelhantes com anéis de
13 porfirina e os ácidos nucleicos DNA e RNA. (BUCHMAM et al., 2000).

14 De acordo com Buckman (2000), as perdas de N no solo ocorrem devido a vários
15 processos, tais como remoção de planta do solo, erosão superficial, fogo e lixiviação,
16 afetando principalmente nitratos e nitritos que são anions e mostram-se particularmente
17 suscetíveis à lixiviação pela água que se infiltra através do solo. Ainda, perde se por
18 desnitrificação (quando bactérias decompõem o nitrato e liberam o nitrogênio para o ar) e
19 volatilização.

20 Há ainda o processo de imobilização do N que ocorre quando substâncias
21 orgânicas ricas em carbono, mas pobres em nitrogênio, se encontram em abundância no
22 solo. Neste caso os microrganismos que atacam estas substâncias precisarão de mais
23 nitrogênio do que contêm a fim de utilizar totalmente o carbono presente. Em
24 consequência, não utilizarão apenas o nitrogênio presente na palha ou material semelhante,
25 mas também todos os sais de nitrogênio disponíveis no solo e que depois retorna como
26 disponíveis (BUCHMAM et al., 2000).

27 Para o feijoeiro comum o N é um dos nutrientes mais importantes em todas as fases
28 da cultura, haja vista, que é o nutriente extraído do solo em maior quantidade (OLIVEIRA
29 et al.; 1996, PERES et al., 2013). Diante disso, é considerado um dos elementos limitantes
30 ao crescimento e desenvolvimento desta cultura, e muitos estudos demonstram a existência
31 de resposta da planta, com aumento significativo na produtividade de grãos, em relação à

1 aplicação adequada e equilibrada de fertilizantes nitrogenados (MEIRA et al., 2005;
2 NASCENTE et al., 2012; SABUNDJIAN et al., 2014).

3 Arf (2015) mencionou que a aplicação de nitrogênio na dose recomendada é muito
4 importante, pois promove um rápido crescimento da planta e, além do aumento do número
5 e tamanho de folhas, aumenta também o teor de proteína nas sementes, melhorando o seu
6 valor nutritivo e o teor de matéria seca das plantas. Perez et al., 2013 esclareceram que para
7 a obtenção de alta produtividade de grãos na cultura do feijoeiro é fundamental o
8 fornecimento de N, já que esta é altamente exigente em N para a produção de grãos.

9 Carvalho et al.. (1992) recomendaram a aplicação de 90 kg de N ha⁻¹; enquanto
10 Silveira e Damasceno (1993) recomendaram dose de 72 kg de N ha⁻¹, para que se obtenha a
11 máxima produtividade na cultura. Dourado Neto; Fancelli (2000) consideraram, na
12 recomendação da dose de N, além da produtividade de grãos almejada, a época de cultivo,
13 recomendando para lavouras da “terceira época” com produtividade de grãos estimada
14 acima de 3.000 kg ha⁻¹, de 80 a 100 kg ha⁻¹ de N, com parte na semeadura (20 kg ha⁻¹) e o
15 restante em cobertura.

16 Nascimento et al (2004) observaram que a aplicação de doses crescentes de
17 nitrogênio em cobertura proporcionou um crescente aumento no teor desse nutriente nas
18 folhas, porém não interferiu na produtividade de grãos, já Santana et. al (2009) concluíram,
19 trabalhando com feijão irrigado, que a adubação nitrogenada de 130,5 kg ha⁻¹ proporcionou
20 a máxima produtividade de grãos, enquanto doses entre 100 kg ha⁻¹ e 150 kg ha⁻¹ de N
21 proporcionaram o maior número de vagens por planta.

22 Tanto no sistema de cultivo do feijoeiro irrigado com semeadura direta, como no
23 convencional, o N tem sido aplicado parte na semeadura e o restante em cobertura junto
24 com os demais nutrientes (P e K), um pouco abaixo das sementes no sistema convencional
25 e, superficialmente sobre os resíduos vegetais da cultura anterior, no sistema irrigado com
26 semeadura direta. A eficiência desta estratégia de manejo depende da dose e da época em
27 que o N é aplicado, sendo mais eficiente quanto melhor o sincronismo entre a época de
28 fornecimento do N e a época de maior demanda da planta. Portanto, as estratégias de
29 aplicação de N devem ter por base a minimização das perdas do N e, conseqüentemente, o
30 seu maior aproveitamento pelas culturas. (EMBRAPA, 2005).

31 Dourado Neto e Fancelli (2000) recomendam que a adubação nitrogenada em
32 cobertura deva ser feita entre o 3^a e o 5^o trifólio, no estágio V4. Barbosa Filho et al. (2005)

1 estudando fontes, doses e parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura para
2 feijoeiro comum irrigado, concluíram que doses de N entre 120 a 150 kg ha⁻¹, empregando-
3 se a uréia fertilizante como fonte, devem ser aplicadas na superfície do solo, metade da
4 dose aos 15 e a outra metade aos 30 dias após a emergência das plântulas, procedendo-se à
5 irrigação após as aplicações. Rosolém; Marubayashi (1994) mencionam que a absorção de
6 nitrogênio ocorre praticamente durante todo o ciclo da cultura, mas a época de maior
7 exigência, quando a velocidade de absorção é máxima, ocorre dos 35 aos 50 dias da
8 emergência da planta, coincidindo com a época do florescimento e que neste período, a
9 planta absorve de 2,0 a 2,5 kg N ha⁻¹ dia⁻¹, o que pode justificar os resultados obtidos por
10 Barbosa Filho et al. (2005).

11 Perez et al. (2013) avaliando a extração e exportação de nutrientes pelo feijoeiro
12 adubado com nitrogênio, em diferentes tempos de implantação do sistema plantio direto,
13 concluíram que as maiores produtividades de grãos e exportações de nutrientes foram
14 obtidas pela aplicação de N em duas épocas (pré-semeadura e em cobertura) ou apenas em
15 cobertura no estágio V4.

16 Embora parte do N necessário ao desenvolvimento da cultura do feijoeiro comum
17 seja suprida por meio da associação com bactérias do gênero *Rhizobium*, a quantidade
18 fornecida por esse processo é insuficiente a para a obtenção de elevadas produtividades de
19 grãos (BRITO et al., 2011; SOUZA et al., 2011). O restante do N é obtido da mineralização
20 da matéria orgânica do solo e na sua maior parte dos fertilizantes nitrogenados (BRITO et
21 al., 2011). Todavia, os fertilizantes nitrogenados, além do custo muito elevado, são de
22 baixa eficiência (em torno de 50%), pois sofrem diversas perdas com os processos de
23 desnitrificação, lixiviação e volatilização (EMBRAPA, 2016), fatos que induzem ao uso de
24 doses insuficientes para a obtenção de altas produtividades de grão, principalmente por
25 parte dos pequenos produtores, geralmente descapitalizados.

26 Outro problema que tem sido uma preocupação constante nos países em que o
27 uso de fertilizantes nitrogenados é alto é o do monitoramento da concentração de NO₃⁻ em
28 águas subsuperficiais (WEIL et al., 1990; MILBURN et al., 1990; MEDALIE et al., 1994).
29 O acúmulo de NO₃⁻ em manancias aquíferos pode acarretar sérios problemas ambientais
30 resultantes da eutrofização e a conseqüente aumento da demanda biológica de oxigênio
31 (DBO). A mortalidade repentina de peixes em lagos é um exemplo comum que tem sido

1 observado como consequência da escassez de oxigênio na água devido ao aumento da
2 DBO.

3 Além disto, a obtenção dos fertilizantes nitrogenados industrializados depende de
4 energias de fonte fóssil não apenas em sua matéria-prima (amônia), mas também no
5 processo da queima do gás natural para a obtenção da ureia. Tais processos acarretam
6 problemas de ordem ecológica, sócio-econômico, e ameaçam a sustentabilidade (MENDES
7 JÚNIOR; BUENO, 2015). Desta forma, fontes alternativas ao uso do mineral, provenientes
8 dos fertilizantes industrializados, devem ser buscadas com o intuito não apenas da redução
9 do custo de produção da cultura, mas também de redução do impacto ambiental para a
10 manutenção da sustentabilidade.

11

12 **2.5. Fixação Biológica de Nitrogênio**

13 Estudos têm demonstrado que é possível que o feijoeiro se beneficie, em
14 condições de campo, do processo de fixação biológica de N₂, podendo alcançar
15 produtividade de grãos de até 2.500 kg ha⁻¹ (HUNGRIA et al, 2000) sendo que para
16 produtividades superiores torna-se necessária a utilização do N mineral. Entre as espécies
17 capazes de fixar o N₂ em feijoeiro comum a *Rhizobium tropici* tem sido a mais utilizada
18 devido a sua adaptação aos solos tropicais (STRALIOTTO, 2002). O processo de FBN
19 pode fixar de 20 a 30% do nitrogênio que a planta necessita (MALAVOLTA, 1987)
20 podendo contribuir com 20 a 40 kg há⁻¹ de nitrogênio (FANCELLI; DOURADO NETO,
21 2007).

22 Na maioria das regiões produtoras de feijão comum predomina a exploração em
23 pequenas propriedades que apresentam baixas produtividades de grãos em consequência do
24 não uso ou uso mínimo de insumos. Diante disto, estudos sobre tecnologias que
25 minimizem a dependência da cultura aos fertilizantes minerais, representam um passo
26 importante para o melhor estabelecimento e aumento da produtividade do feijoeiro comum
27 a um menor custo. Neste contexto, a fixação biológica do N (FBN), sobressai-se como uma
28 alternativa que pode substituir, ainda que parcialmente, a adubação nitrogenada, resultando
29 em benefícios ao pequeno produtor. (DUETE, 2011).

30 A FBN é um processo natural que consiste na transformação biológica de nitrogênio
31 atmosférico (N₂) em amônia (NH₃) por bactérias especializadas que interagem com a
32 planta. Entre as espécies vegetais que possuem capacidade de se associar a bactérias e

1 realizar a fixação do N₂ atmosférico estão as leguminosas (*Fabaceae*). Os rizóbios se
2 associam às raízes da planta por interação mutualística, beneficiando-se ao receber os
3 fotossintatos produzidos pelo vegetal e fornecendo à planta o N fixado na forma de
4 aminoácidos, amidas e ureidos, os quais serão conduzidos para outros órgãos e assimilados
5 em diversos compostos nitrogenados (MALAVOLTA, 2006; CASSINI; FRANCO, 2011).

6 No gênero *Rhizobium* encontra-se a maioria das espécies capazes de nodular o
7 feijoeiro comum. Até o ano de 1991 reconhecia-se a espécie *Rhizobium phaseoli* (*R.*
8 *leguminosarum* bv *phaseoli*) com capacidade de nodular o feijoeiro. Estudos posteriores
9 mostraram que as espécies *R. etli* e *R. tropici* também nodulam o feijoeiro-comum
10 (HUNGRIA et al, 2000; CASSINI; FRANCO, 2011) e que as estirpes de *R. tropici* são
11 consideradas mais tolerantes a estresses, como temperatura elevada e acidez do meio, e são
12 geneticamente mais estáveis (GRAHAM, 1982, MARTÍNEZ-ROMERO et al., 1991). Por
13 isso, esta espécie é a recomendada para produção de inoculantes para a cultura do feijoeiro-
14 comum (BRITO et al., 2011).

15 Para haver fixação, a bactéria deve entrar em contato com a rizosfera da planta.
16 Durante a germinação, a plântula secreta uma série de substâncias, em especial flavonoides
17 e antocianidinas, que são reconhecidas pela bactéria, a qual responde ativando o gene
18 *nodD*, presente no plasmídeo (pSym) do rizóbio. A transcrição dos alelos dos três genes
19 *nodABC* é induzida através da ação do produto proteico do gene *nodD* e os componentes
20 exsudados (HUNGRIA et al., 1991; GAGE, 2004; CASSINI FRANCO, 2011).

21 Pela ativação dos genes *nod* o rizóbio passa a produzir os fatores nod responsáveis
22 por mudanças no desenvolvimento da planta hospedeira no início do processo de
23 nodulação, como a divisão de células corticais e o curvamento do pêlo radicular. A
24 deformação do pêlo o torna adequado para a adesão das células da bactéria (CASSINI;
25 FRANCO, 2011). Após adesão do rizóbio ocorre a dissolução da parede celular do pêlo
26 absorvente, e a bactéria penetra até as células corticais da raiz formando uma estrutura
27 denominada cordão de infecção, transportando a bactéria para o meristema do nódulo. No
28 interior dessa estrutura as células do rizóbio intensificam sua multiplicação, formando o
29 primórdio do nódulo.

30 Quando atinge a região cortical das células do macrossimbionte, o rizóbio passa
31 para o interior das mesmas adaptando-se a nova função de fixação do N₂, passando a ser
32 chamado bacteróide (HUNGRIA, 1994; MERCANTE et al., 2002; CASSINI; FRANCO,

1 2011). As células da planta respondem à infecção produzindo proteínas específicas
2 denominadas nodulinas, como a leghemoglobina, a qual possui a coloração avermelhada.
3 Essa proteína possui alta afinidade pelo oxigênio e tem importante função de regular a
4 tensão de O₂ no interior do nódulo e proteger a nitrogenase, enzima responsável pela
5 fixação do nitrogênio. A nitrogenase, cuja atividade atinge o pico durante o florescimento
6 do feijoeiro-comum (FRANCO et al., 1979), é irreversivelmente inativada na presença de
7 O₂, portanto, o processo de FBN requer condições que sejam anóxicas ou quase (DIXON;
8 KAHN, 2004; GAGE, 2004).

9 A nodulação e a fixação do N pela associação rizobio – feijoeiro comum, varia
10 com a bactéria (FERREIRA et al., 2000; MORAES et al., 2010), com os genótipos (KIPE
11 NOLT et al., 1992; ANDRIOLO et al., 1994, FRANCO et al., 2002) e com as condições
12 ambientes, que segundo Graham (1982) abrange problemas edáficos (acidez, nutrição
13 mineral da planta, água, temperatura e competição com as estirpes autóctones no solo) e
14 fatores agrônômicos (defensivos agrícolas, consorciação do feijão com milho e densidade
15 de semeadura). Dentre estes fatores estão o ciclo curto da cultura (PORTES et al., 2009), a
16 resposta tardia da planta ao simbiote (HUNGRIA et al., 1997), a promiscuidade nodular
17 do feijoeiro (FONSECA, 2011) e a competição das estirpes introduzidas em relação às
18 nativas (RUFINI et al., 2011).

19 Segundo Cassini; Franco (2011), em média, após 15 a 20 dias da emergência das
20 plantas, os rizóbios são capazes de fixar N₂. Neste período, para verificar se houve a
21 nodulação as plantas devem ser arrancadas com cuidado, pois os nódulos se soltam
22 facilmente, e deve-se proceder a contagem. Stralio (2002) esclarece que a presença de
23 dez a vinte nódulos nas raízes da planta é sinal de boa nodulação; e a coloração
24 avermelhada é garantia de que os nódulos estão ativos (UNKOVICH et al., 2008).

25 Apesar de ser uma leguminosa, em comparação com outras como o feijão caupi
26 (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) e a soja (*Glycine max* (L) Merryll), o feijoeiro-comum
27 apresenta baixa eficiência na FBN, sendo considerada uma das culturas com menor
28 eficiência simbiótica (VARGAS et al., 2004; CASSINI; FRANCO, 2011). Graham;
29 Temple (1984) consideram que as taxas de fixação de N₂ atingem níveis entre 20 e 115 kg
30 ha⁻¹. No entanto Silva et al. (1993) informam que o feijoeiro-comum é capaz de fixar de
31 20 a 60 kg ha⁻¹ de N nas condições tropicais do Brasil. Dwivedi et al. (2015) informam
32 que apenas 39% do N total em plantas de feijoeiro comum provém da FBN.

1 A senescência precoce dos nódulos aliada à nodulação tardia, também limitam a
2 fixação de N₂, principalmente em culturas de ciclo curto. O feijoeiro, além de ser uma
3 cultura de ciclo curto, caracteriza-se pela rápida senescência dos nódulos e pela redução
4 significativa da FBN logo após a floração. Vários mecanismos estão envolvidos na
5 senescência precoce dos nódulos, como a idade, fatores ambientais desfavoráveis,
6 características genéticas do rizóbio e a capacidade da cultura resistir aos estresses
7 ambientais (URQUIAGA et al., 2005; ALCANTARA et al., 2009).

8 Arf et al. (2015) relataram que a nodulação no feijoeiro pode ocorrer também por
9 meio dos rizóbios nativos que podem existir nos solos, e isso pode influenciar na resposta
10 da cultura à inoculação, uma vez que estas estirpes nativas dificultam a introdução das
11 estirpes mais eficientes. Estas bactérias nativas, que ocorrem em quantidades elevadas nos
12 solos brasileiros, competem pelos sítios de infecção nodular, com vantagens numéricas e
13 adaptativas, porém apresentam baixa eficiência na fixação (VARGAS et al., 2000; 2004).
14 Os estudos mostram a existência de amplo número de espécies de rizóbios que são capazes
15 de nodular o feijoeiro comum (DWIVEDI et al. 2015), o que sustenta a informação de que
16 esta leguminosa é um hospedeiro promíscuo (MARTÍNEZ-ROMERO, 2003).

17 Diante desse fato, tem-se buscado a seleção de estirpes eficientes e competitivas,
18 para o estabelecimento destas no solo e raízes, vencendo as estirpes nativas na infecção e
19 produção dos nódulos, pois o sucesso com a inoculação do feijoeiro com estirpes de
20 rizóbio com alta eficiência está associado à habilidade competitiva de tais estirpes (ARF et
21 al., 2015).

22 O nitrogênio tem efeito sobre a FBN (FRANCO; NEVES, 1992). Segundo os
23 autores, pequenas doses de nitrogênio estimulam o crescimento da planta e,
24 conseqüentemente, podem aumentar a massa de nódulos produzidos. O excesso de N afeta
25 mais negativamente o crescimento dos nódulos que a atividade da nitrogenase, e ambos são
26 muito mais sensíveis que a infecção junto dos eventos iniciais da formação do nódulo.
27 Silva et al., (2009) observaram que doses crescentes de uréia (0 – 120 kg ha⁻¹ de N)
28 reduzem, de forma linear, a nodulação do feijoeiro comum.

29 O fósforo (P) também afeta de forma marcante no processo de FBN. Baixos níveis
30 de P são limitantes à fixação, pois a taxa de nodulação em feijoeiro comum é dependente
31 da disponibilidade de P (LEIDI; RODRÍGUEZ-NAVARRO, 2000; ATTAR et al., 2012).
32 Leidi; Rodríguez - Navarro (2000) observaram que o aumento do conteúdo de P promoveu

1 a formação de nódulos e fixação de N₂. Porém, em condições de elevadas quantidades de
2 nitrato, o efeito positivo do P não é observado, provavelmente porque ocorre a inibição por
3 competição.

4 O molibdênio (Mo), por ser constituinte das enzimas nitrato redutase e da
5 nitrogenase, essencial à fixação do N₂ atmosférico (MALAVOLTA, 2006) é também
6 elemento indispensável para melhor eficiência do processo. Pessoa et al. (2001), Andrade
7 et al. (2001) e Vasconcelos Júnior (2009) comprovaram que a aplicação foliar de Mo
8 propiciou aumento na atividade dessas enzimas, aumento na massa seca dos nódulos, com
9 consequente aumento na eficiência da FBN, na produtividade de grãos e em seus
10 componentes e sugeriram que os efeitos positivos do Mo estejam relacionados ao aumento
11 da eficiência no uso do N.

12 As temperaturas elevadas caracterizam-se por afetar negativamente a fixação,
13 especialmente em regiões de clima tropical. Altas temperaturas implicam em problemas
14 tanto na nodulação como na fixação, pois geram instabilidade genômica (MICHIELS et al.,
15 1994; CASSINI; FRANCO, 2011). Para a maioria das estirpes de rizóbios em feijoeiro-
16 comum, a temperatura ótima é de 28°C a 31°C, entretanto, *R. tropici* pode se desenvolver
17 em temperaturas tão altas como 40°C (MARTÍNEZ-ROMERO et al., 1991; CASSINI;
18 FRANCO, 2011).

19 Na literatura, vários estudos indicam a possibilidade da substituição da adubação
20 nitrogenada do feijoeiro pela FBN (MENDES et al., 1994, LEMOS et al., 2003;
21 ROMANINI JUNIOR et al., 2007). Moraes et al (2010) e Ferreira et al. (2000) estudando a
22 inoculação do feijoeiro em casa de vegetação e em condições de campo, concluíram que a
23 inoculação de estirpes eficientes de *Rhizobium* em cultivar nodulante de feijoeiro, ou o
24 cultivo deste em solos com população nativa eficiente, pode possibilitar a não utilização de
25 nitrogênio em cobertura na cultura do feijoeiro, sem afetar a produtividade de grãos.
26 Valadão et al., (2009) observaram que a adubação nitrogenada (10 kg ha⁻¹) aplicados na
27 semeadura e 50 kg ha⁻¹, em cobertura, quando as plantas apresentaram a terceira folha
28 trifoliolada expandida, reduziu a nodulação do feijoeiro e que a inoculação de sementes
29 proporcionou nos feijoeiros produtividade de grãos semelhantes aos fertilizados com N.

30 Barbosa; Gonzaga (2012) mencionaram que a FBN pode fornecer todo o N
31 necessário para o desenvolvimento da cultura e que esse fato depende da eficiência e do
32 potencial de produtividade de grãos da mesma que é influenciado por vários fatores,

1 bióticos e abióticos, ressaltaram, contudo, que para o feijoeiro comum os efeitos de
2 inoculação com rizóbios específicos podem não ser sempre positivos, variando em
3 diferentes sistemas de produção e amplitude agroecológica. Comentam também que a
4 correção da saturação por bases, que em solos de sequeiro deve ser corrigida a 50%, e em
5 solos em sistemas irrigados a 60%, é outro fator que favorece a eficiência da FBN.

6 A inoculação consiste no revestimento das sementes com produto inoculante, que
7 contém bactérias do gênero *Rhizobium*. A eficiência agrônômica dos inoculantes turfosos,
8 líquidos ou de outras formulações deve ser comprovada segundo protocolos definidos em
9 instruções normativas vigentes do MAPA (BARBOZA: GONZAGA, 2012).

10 Recomenda-se que os resultados dos testes sejam previamente apresentados,
11 discutidos e aprovados na RELARE (Rede de Laboratórios para Recomendação,
12 Padronização e Difusão de Tecnologia de Inoculantes Microbianos de Interesse Agrícola).
13 Na legislação brasileira é exigida uma concentração mínima de 1×10^9 de células viáveis
14 por grama ou mL do produto. Na dose de inoculante a ser aplicada devem ser fornecidas,
15 no mínimo, 1,2 milhões de células viáveis por semente. Além disso, a quantidade de
16 inoculante turfoso a aplicar não deve ser inferior a 500 g por 50 kg de sementes, e o
17 volume de inoculante líquido a aplicar não deve ser inferior a 100 mL por 50 kg de
18 semente, sem qualquer diluição em água. A base de cálculo para o número de
19 bactérias/sememente é a concentração registrada no MAPA e que consta da embalagem
20 (BARBOZA: GONZAGA, 2012).

21 Brito et al. (2005) mencionaram que o potencial de produtividade de grãos do
22 feijoeiro inoculado com rizóbio associado à suplementação com N em cobertura pode
23 alcançar 2.500 kg ha^{-1} no bioma Cerrado e 3.000 kg ha^{-1} no bioma Mata Atlântica, na
24 cultivar Ouro Negro. Para Barbosa; Gonzaga (2012) a inoculação quando considerada
25 eficiente, pode garantir produtividade de grãos entre 1.500 e 2.000 kg ha^{-1} . Tais resultados
26 estimulam a pesquisa a buscar novos genótipos de feijoeiro comum e estirpes de rizóbio,
27 cuja interação simbiótica seja cada vez mais eficiente, substituindo total ou parcialmente a
28 aplicação do N mineral na cultura, a exemplo do que hoje acontece com a cultura da soja.

30 **2.6. Bactérias Promotoras do Crescimento de Plantas (BPCPs)**

31 As bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCPs) correspondem a um
32 grupo de microrganismos benéficos às plantas devido à capacidade de colonizar a

1 superfície das raízes, rizosfera, filosfera e tecidos internos das plantas (DAVISON, 1988;
2 KLOEPPER et al., 1989).

3 Tais organismos podem estimular o crescimento das plantas por diversas
4 maneiras, sendo as mais relevantes a capacidade de fixação biológica de nitrogênio; o
5 aumento na atividade da redutase do nitrato quando crescem endofiticamente nas plantas, a
6 produção de hormônios como auxinas, citocininas, giberilinas e etileno, solubilização do
7 fósforo e também por atuarem como agente de controle biológico de patógenos
8 (STRZELCZYK et al., 1994, RODRIGUEZ et al., 2004; HUERGO et al., 2008, CORREA
9 et al., 2008). Em geral, acredita-se que as BPCPs beneficiam o crescimento das plantas por
10 uma combinação de todos esses mecanismos (DOBBELAERE et al., 2003).

11 Dentre as bactérias deste grupo encontram-se as do gênero *Azospirillum* que
12 abrange um grupo de bactéria de vida livre, encontrado em praticamente todo o planeta
13 Terra (HUNGRIA, 2011). Bactérias do gênero *Azospirillum* ganharam grande destaque
14 mundialmente a partir da década de 1970 (DOBEREINER et al., 1976), com a descoberta
15 pela pesquisadora da Embrapa, Dra. Johanna Döbereiner (1924-2000), da capacidade de
16 fixação biológica do nitrogênio dessas bactérias quando em associação com gramíneas.
17 Tais bactérias, que vivem no solo, conseguem graças à ação da enzima dinitrogenase
18 romper a tripla ligação do N₂ difundido no espaço poroso do solo, reduzindo-o a amônia.
19 São também denominadas de diazotróficas ou fixadoras de N₂, associando-se a diversas
20 espécies de planta em diferentes graus de especificidade, (HUNGRIA et al, 2007).

21 Semelhante à FBN pelos rizóbios nas leguminosas (*Fabaceae*) o mesmo
22 complexo da dinitrogenase realiza a conversão do N₂ da atmosfera em amônia. Contudo,
23 ao contrário das bactérias simbióticas, bactérias do gênero *Azospirillum* excretam somente
24 uma parte do nitrogênio fixado diretamente para a planta associada; posteriormente, a
25 mineralização das bactérias pode contribuir com aportes adicionais de nitrogênio para as
26 plantas, contudo, é importante salientar que o processo de fixação biológica por essas
27 bactérias consegue suprir apenas parcialmente as necessidades das plantas, devendo-se
28 lembrar que, ao contrário das leguminosas, a inoculação de não-leguminosas pelas
29 bactérias do gênero *Azospirillum* ainda que essas consigam fixar nitrogênio, não
30 conseguem suprir totalmente as necessidades das plantas neste elemento (HUNGRIA,
31 2011).

1 Tien et al (1979) e Bárbaro et al. (2008) mencionaram que *Azospirillum* produz
2 fitohormônios que estimulam o crescimento das raízes de diversas espécies de plantas e
3 que os componentes responsáveis pelo estímulo do crescimento de raízes liberados por *A.*
4 *brasiliense* eram o ácido indol-acético (AIA), giberilinas e citocininas. Diversos efeitos em
5 consequência do maior desenvolvimento de raízes pela inoculação com *Azospirillum* já
6 foram relatados na literatura, entre eles o incremento na absorção de água e minerais e
7 maior tolerância a estresses como salinidade e seca (DOBBELAERE et al, 2001; BASHAN
8 et al., 2004). Provavelmente pelo maior crescimento radicular e melhor nutrição das
9 plantas, também há relatos de maior tolerância a agentes patogênicos de plantas (CORREA
10 et al., 2008). Maior volume de biomassa, maior altura de plantas, maior produção de raízes
11 e coloração mais verde pelo maior teor de clorofila resultantes da inoculação com
12 *Azospirillum* também têm sido relatados por diversos pesquisadores (BASHAN et al, 2006;
13 BARASSI et al, 2008; HUNGRIA, 2011).

14 Bárbaro et al. (2008), relataram que a espécie *A. brasiliense* tem sido usada como
15 inoculante em diversas culturas como: alguns cereais, algodão, tomate, banana, cana-de-
16 açúcar, café e forrageiras, todavia, são nas culturas de milho e trigo que a prática da
17 inoculação das sementes com *Azospirillum spp* tem sido mais freqüente. Hungria (2011)
18 relatou que essas bactérias promoveram incremento da ordem de 26% e 31% na
19 produtividade de grãos das culturas de milho e trigo, respectivamente, quando em conjunto
20 com a aplicação de N mineral.

21 Trabalhando com feijoeiro comum Gitti et al. (2012) verificaram que a inoculação
22 de sementes com essas bactérias proporcionou aumento na produtividade de grãos, na
23 massa de 100 grãos, na massa seca de plantas e no teor de nitrogênio foliar, mas que esses
24 aumentos não foram estatisticamente significativos. Os autores comprovaram ainda que na
25 ausência do fornecimento de nitrogênio em cobertura a inoculação de sementes com
26 *Azospirillum brasiliense* proporcionou maior teor de N foliar nas plantas.

27 O uso dessas bactérias promotoras do crescimento de plantas capazes de aumentar a
28 eficiência de utilização dos fertilizantes representa uma estratégia economicamente viável
29 na redução do uso dos fertilizantes químicos, com benefícios ambientais associados. A sua
30 associação à prática da inoculação com *R tropici* em feijão comum, denominada de
31 coinoculação, tem sido objeto de várias pesquisas já que se espera um efeito sinérgico dos
32 benefícios promovidos por ambas as práticas resultando no melhor desempenho da cultura.

2.7. Coinoculação

A co-inoculação apresenta-se como uma técnica alternativa para as culturas, ocorrendo a inoculação mista, com bactérias simbióticas e assimbióticas, produzindo em efeito sinérgico, no qual superam os resultados produtivos obtidos quando utilizados isoladamente (BÁRBARO et al., 2008). Todavia, ainda são necessários mais estudos realizados sob conduções de campo relatando esses efeitos sinérgicos da co-inoculação na cultura do feijoeiro-comum. Hungria et al. (2012) trabalhando com feijoeiro comum observou que a inoculação das sementes com *Rhizobium tropici* proporcionou um ganho na produtividade de 8,3%, em média de 98 kg ha⁻¹, enquanto a coinoculação com *A. brasilense* no sulco resultou em incremento médio de 19,6%, em torno de 285 kg ha⁻¹.

Souza (2015) observou que a coinoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* no feijoeiro-comum aumentou a nodulação das raízes e que tal prática apresenta-se como opção para o produtor substituir parcial ou totalmente as fontes químicas nitrogenadas na cultura.

Peres (2014) observou que as plantas coinoculadas demonstraram nutrição mais equilibrada em relação ao nitrogênio, fósforo, e outros nutrientes minerais. No que diz respeito à co-inoculação de *Azospirillum* com *Rhizobium*, o autor afirmou que a prática propicia aumento da eficiência dos nódulos, do número total e peso dos nódulos, diferenciação das células epidérmicas nos pêlos radiculares e, conseqüentemente, maior produtividade de grãos na cultura do feijoeiro comum.

Como ainda são poucos os trabalhos com coinoculação na cultura do feijoeiro comum, podendo-se citar os de Peres (2014), Souza (2014), Franciscon et al. (2014) Schossler et al. (2016), no entanto este trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência da inoculação com *R. tropici*; inoculação com *A. brasilense* e coinoculação, associadas ou não ao nitrogênio mineral, em resposta aos componentes de produção, tendo em vista a possibilidade das mesmas como alternativas ao uso do N mineral, buscando a sustentabilidade.

28
29
30
31
32

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1
2

3 ALCANTARA, R. M. C. M.; MOTA, M. C.; ARAÚJO, A.; XAVIER, G. R.; ROCHA, M.
4 M.; RUMJANEK, N. G. **Relações entre a contribuição da fixação biológica de**
5 **nitrogênio e a duração do ciclo de diferentes genótipos de cultivos de leguminosas de**
6 **grãos**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009, 27 p. Documentos 197.

7 ALVAREZ, A. C. C.; ARF, O.; ALVAREZ, R. de C. F.; PEREIRA, J. C. d. R. P.
8 Resposta do feijoeiro à aplicação de doses e fontes de nitrogênio em cobertura no sistema
9 de plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 27, n. 1, p. 69-75. 2005.

10 ANDRADE, M. J. B.; ALVARENGA, P. E.; SILVA, R.; CARVALHO, J. G.;
11 UNQUEIRA, A. D. A. Resposta do feijoeiro às adubações nitrogenada e molíbdica e a
12 inoculação com *Rhizobium tropici*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 4, p. 934-
13 940, 2001.

14 ANDRIOLO, J.; PEREIRA, P. A. A.; HENSON, R. A. Variabilidade entre linhas de
15 formas silvestres quanto a características relacionadas com a fixação biológica de N.
16 **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.29, n.6, p. 831-837, 1994.

17 ARF, O.; LEMOS, L. B.; SORATTO, R. P.; FERRARI, S. **Aspectos gerais da cultura do**
18 **feijão *Phaseolus vulgaris* L.** Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais.
19 Botucatu-SP, 2015.

20 ATTAR, H. A.; BLAVET, D.; SELIM, E. M.; ABDELHAMID, M. T.; DREVON, J. J.
21 Relationship between phosphorus status and nitrogen fixation by common beans
22 (*Phaseolus vulgaris* L.) under drip irrigation. **International Journal of Environmental**
23 **Science and Technology**, Teerã, v. 9, n. 1, p. 1-13, 2012.

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

29 BÁRBARO, I. M.; BRANCALÃO, S. R.; TICELLI, M.; MIGUEL, F. B.; SILVA, J. A. A.
30 **D. Técnica alternativa: co-inoculação de soja com *Azospirillum Bradyrhizobium***
31 **visando incremento e produtividade**. 4º Seminário de Agroecologia de Mato Grosso do
32 Sul, v. 7, n. 2, 2008.

33 BARBOSA FILHO, M. P.; FAGERIA, N. K; SILVA, O. F. da. Fontes, doses e
34 parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura para feijoeiro comum irrigado.
35 **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 1, p. 69-76,. 2005.

- 1 BARBOSA, F. R.; GONZAGA, A. C. O. **Informações técnicas para o cultivo do**
2 **feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira: 2012-2014.** Santo Antônio de Goiás:
3 Embrapa Arroz e Feijão, p. 110-114, 2012.
- 4 BASHAN, Y.; BUSTILLOS, J.J.; LEYVA, L.A.; HERNANDEZ, J.-P.; BA-CILIO, M.
5 Increase in auxiliary photoprotective photosynthetic pigments in wheat seedlings induced
6 by *Azospirillum brasilense*. **Biology and Fertility of Soils**, v.42, p.279-285, 2006.
- 7 BASHAN, Y.; HOLGUIN, G ; DE-BASHAN, L.E. *Azospirillum*-plant relations
8 physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). *Canadian*
9 *Journal of Microbiology*, v.50, p.521-577, 2004.
- 10 BLAIR, M. W. et al. Genetic diversity, inter-gene pool introgression and nutritional quality
11 of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from Central Africa. **Theoretical Applied**
12 **Genetic**, v. 121, n. 2, p. 237-248, 2010.
- 13 BRASIL –Ministério da Saúde –Secretaria de Atenção à Saúde –Coordenação-Geral da
14 Política de Alimentação e Nutrição. **Guia alimentar para a população brasileira:**
15 **Promovendo a Alimentação Saudável.** Edição Especial, Série A. Normas e Manuais
16 Técnicos. Brasília –DF: 2006.
- 17 BRITO, M. M. P.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C. Contribuição da fixação biológica de
18 nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão e
19 caupi. **Bragantia**, 70:206-215, 2011.
- 20 BUCHANAN, B.; GRUISSEM,W.;JONES, R. **Biochemistry and Molecular Biology of**
21 **Plants.** American Society of Plant Physiologists, 2000.
- 22 CARDOSO, S. de M. **Fontes e doses de Nitrogênio na nutrição, produção e qualidade**
23 **do feijoeiro.** 68p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências
24 Agrônômicas Campus de Botucatu. –Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2011.
- 25 CARVALHO, A. M. Influência da fertirrigação no rendimento de grãos e omponentes de
26 produção do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Carioca, **Ciência e Prática,**
27 *Lavras*, v.16, n.4, p.503-511, 1992
- 28 CASCUDO, L da C. **História da alimentação no Brasil.** 4ª ed. São Paulo: Global, 2011.
29 960p.
- 30 CASSINI, S. T. A.; FRANCO, M. C. Fixação biológica de nitrogênio: microbiologia,
31 fatores ambientais e genéticos. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Ed.).
32 **Feijão.** 2. ed. Viçosa: UFV, 2011. p. 143-170.
- 33 CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra**
34 **Brasileiro de Grãos - V. 3 - SAFRA 2017/18- N. 6 - Terceiro levantamento /dezembro**

- 1 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/grãos>. Consulta em
2 09/01/2018.
- 3 CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira.
4 Grãos – Safra 2018/2019, quarto levantamento, v.6, 2019. Disponível em:
5 <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: 04 fev. 2019.
- 6 CONAB - Companhia nacional de abastecimento. **Perspectivas para a agropecuária**.
7 Vol. 5, safra 2017/2018, Produtos de Verão. Brasília: 2017. Disponível em:
8 [https://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arqui-](https://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_09_06_09_30_08_perspectivas_da_agropecuaria_bx.pdf)
9 [vos/17_09_06_09_30_08_perspectivas_da_agropecuaria_bx.pdf](https://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_09_06_09_30_08_perspectivas_da_agropecuaria_bx.pdf). Acesso em: 12 fev.
10 2019.
- 11 CORREA, O.S.; ROMERO, A.M.; SORIA, M.A.; DE ESTRADA, M. Azos-pirillum
12 brasilense-plant genotype interactions modify tomato response to bacterial diseases, and
13 root and foliar microbial communities. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I.
14 (Ed.) **Azospirillum sp.**: cell physiology, plant interactions and agronomic research in
15 Argentina. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p.87-95.
- 16 COSTA, G. E. de A.; QUEIROZ-MONICI, K. da S.; REIS, S. M. P. M.; OLIVEIRA, A. C.
17 de. Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked
18 pea, common bean, chickpea and lentil legumes. **Food Chemistry**, v. 94, p. 327-330, 2004.
- 19 DAVISON, J. Plant beneficial bacteria. **Bio Technology**, v.6, p.282-286, 1988.
- 20 DEBOUCK, D. G. *Phaseolus* germplasm exploration. In: GEPTS, P. (ed.) **Genetic**
21 **resources of *Phaseolus* beans**. Dordrecht. Kluwer, p. 3-29, 1988.
- 22 DEBOUCK, D. G. Diversity in *Phaseolus species* in relation to the common bean. In:
23 SINGH, S. P. (Ed.) **Common beans improvement in the twenty-first century**.
24 Dordrecht: Kluwer, 1999. p.25-52.
- 25 DEBOUCK, D. G. Systematics and morphology. In: SCHOONHOVEN, A. Van;
26 VOYSEST, O. (Ed.) **Common beans: research for crop improvement**. 1991. p. 55-118.
27 Cali, Colômbia: CIAT.
- 28 DEBOUCK, D. G.; THOME, J. Implications for bean breeders of studies on the origins of
29 common beans, *Phaseolus vulgaris* L. In: BEEBE, S. (ed.) **Current topics in breeding of**
30 **common beans**. Cali: CIAT, 1989. p. 3-42. (CIAT, Working Document, 47).
- 31 DEPEC- Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos - Bradesco. Feijão
32 2016. Disponível em: Disponível em:
33 https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_fertilizantes.pdf. Acesso
34 em 13/01/2019

- 1 DEPEC- Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos - Bradesco. Feijão 2017. Em:
2 https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_feijao.pdf. Acesso em
3 12.02.2019.
- 4 DIXON, R.; KAHN, D. Genetic regulation of biological nitrogen fixation. Nature **Reviews**
5 **Microbiology**, Londres, v. 2, n. 1, p. 621-631, 2004.
- 6 DOBBELAERE, S.; CROONRNBOGHES, A.; THYS, A.; PTACEK, D.;
7 VANDERLEYDEN, J.; DUTTO, P.; LABANDERA-GONZALEZ, C.; CA-BALLERO-
8 MELLADO, J.; AGUIRRE, J.F.; KAPULNIK, Y.; BRENER, S.; BURDMAN, S.;
9 KADOURI, D.; SARIG, S.; OKON, Y. Responses of agro-nomically important crops to
10 inoculation with *Azospirillum*. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.28, p.871-879,
11 2001.
- 12 DOBBELAERE, S.; VANDERLEYDEN, J.; OKON, Y. Plant growth-promo-ting eff ects
13 of diazotrophs in the rhizosphere. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.22, p.107- 149,
14 2003.
- 15 DÖBEREINER, J.; DAY, J.M. Associative symbiosis in tropical gras-ses: characterization
16 of microorganisms and dinitrogen-fi xing sites. In: NEWTON W.E.; NYMAN, C.T. (Ed.)
17 INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN FIXATION, vol. 2. **Proceedings...**
18 Pullman, USA: Washing-ton State University Press, 1976. p.518-538.
- 19 DONADEL, M. E.; PRUDENCIO-FERREIRA, S. H. Propriedades funcionais de
20 concentrado protéico de feijão envelhecido. **Ciência e Tecnologia de Alimento.**,
21 Campinas, v. 19, n. 3, p. 380-386, 1999.
- 22 DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. **Produção de feijão**. Guaíba: Livraria e Editora
23 Agropecuária, 2000. 385p.
- 24 DUETE, R. R. C. Respostas de cultivares de feijoeiro comum, à adubação mineral
25 nitrogenada e/ou inoculação com estirpes nativas e comerciais de *Rhizobium spp*. **Textura**,
26 Cruz das Almas-BA, v. 4, n. 8, p. 185-192, 2011.
- 27 DWIVEDI, S. L.; SAHRAWAT, K. L.; UPADHYAYA, H. D.; MENGONI, A.;
28 GALARDINI, M.; BAZZICALUPO, M.; BIONDI, E. G.; HUNGRIA, M.; KASCHUK, G.;
29 BLAIR, M. W.; ORTIZ, R. Advances in host plant and *Rhizobium* genomics to enhance
30 symbiotic nitrogen fixation in grain legumes. **Advances in Agronomy** , San Diego, v. 129,
31 p. 1-116, 2015.
- 32 EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- Embrapa Pesca e Aquicultura.
33 Fertilizantes de eficiência aumentada: uso de ureia de liberação controlada ou com
34 inibidores em sistemas agrícolas sustentáveis. Palmas. TO (Documento 28), 2016.
35 Disponível em:

- 1 <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1056527/1/CNPASA2016d>
2 [oc28.pdf](https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1056527/1/CNPASA2016doc28.pdf). Acesso em 18.02.2019.
- 3 EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, CNPAF. **Adubação**
4 **nitrogenada no cultivo do feijoeiro comum irrigado sob plantio direto**. 2005. Santo
5 Antônio de Goiás, GO. (Circular Técnica 70). Disponível em:
6 https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/circ_70ID-bi0WDxFdoF.pdf. Aceso em
7 18.02.2019.
- 8 EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, CNPAF. **Procedimentos**
9 **para Condução de Experimentos de Valor de Cultivo e Uso em Feijoeiro Comum**.
10 Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, dezembro, 2009,
11 104p.(Documentos, 239).
12
- 13 EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Arroz Feijão.
14 **Consumo Per capita de Arroz (*Oryza sativa L.*) e de Feijão-comum (*Phaseolus vulgaris***
15 ***L.*), no Brasil, de 1981 a 2017. Set. 2018**. Disponível em:
16 <http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/docs/arroz/consumopercapitaarrozefeij>
17 [ao.htm](http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/docs/arroz/consumopercapitaarrozefeij). Acesso em 17.02.2019.
- 18 EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Arroz Feijão.
19 **Cultivo do feijoeiro comum**. Sistemas de Produção, 2. Versão eletrônica, 2003.
20 Disponível em:
21 https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_sisal/arvore/CONT000fckhw71702
22 [wx5eo0a2ndxyore417p.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_sisal/arvore/CONT000fckhw71702). Acesso em 15.02.2019.
- 23 FAGERIA, N. K.; OLIVEIRA, L. P. de; DUTRA, L. G. **Deficiências nutricionais na**
24 **cultura do feijoeiro e suas correções**. Goiânia: EMBRAPA – CNPAF-APA, 1996.
25 Disponível em:
26 http://w.cnpaf.embrapa.br/publicacao/seriedocumentos/anteriores/doc_65.pdfAcesso em
27 [18/02/2019](http://w.cnpaf.embrapa.br/publicacao/seriedocumentos/anteriores/doc_65.pdf).
- 28 FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B. Rice and commonbean growth and nutrients uptake as
29 influenced byaluminum on an acid varzea soil. In:INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON
30 PLANT-SOIL INTERACTIONS AT LOW pH:, 4., 1996, Belo Horizonte. **Proceeding...** :
31 plant-soil interaction at low pH: sustainable agriculture and forestry production. Campinas:
32 Brazilian Soil Science Soci-ety, 1997. p.234.
- 33 FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de feijão** . 2. ed. Piracicaba:
34 Livroceres, 2007. 386 p.
- 35 FAO – Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. **Colheitas**
36 **(Crops)**, 2019. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 04
37 fev. 2019.

- 1 FAO/STAT. **Crops**, 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/faos-tat/en/#data/QC>. Acesso
2 em: 9.02. 2019.
- 3 feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, n. 11, p. 1269-
4 1276, 1993.
- 5 FERREIRA, A. N.; ARF, O.; CARVALHO, M. A. C. de.; ARAÚJO, R. S.; SÁ, M. E. de.;
6 BUZETTI, S. Estirpes de *Rhizobium tropici* na inoculação do feijoeiro. **Scientia Agricola**
7 v. 57, n. 3, 7p., 2000.
- 8 FONSECA, G. G. **Resposta de cultivares de feijoeiro comum à inoculação de sementes**
9 **com estirpes de rizóbio em Minas Gerais**. 2011. 166 f. Dissertação (Mestrado em
10 Agronomia/Fitotecnia), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.
- 11 FRANCISCON, H.; WEBER, P.; ALBRECHP, L. P.; ALBRECHET, A. P.; RAMPIM, L. ;
12 YASSUE, R. M. Inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio no feijoeiro comum
13 (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal de Agronomic Sciences**, v. 3, especial, p. 222-235, 2014.
14
- 15 FRANCO, A. A.; NEVES, M. C. P. Fatores limitantes à fixação biológica de nitrogênio.
16 In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. (Coord.). **Microbiologia do**
17 **Solo**, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p. 219-230.
- 18 FRANCO, A. A.; PEREIRA, J. C.; NEYRA, C. A. Seasonal patterns of nitrate reductase
19 and nitrogenase activities in *Phaseolus vulgaris* L. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 63, n.
20 3, p. 421-424, 1979.
- 21 FRANCO, M. C.; CASSINI, S. T. A.; OLIVEIRA, V. R.; VIEIRA, C.; TSAI, S. M.
22 Nodulação em cultivares de feijão dos conjuntos gênicos andino e meso-americano.
23 **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.37, n.8, p. 1145-1150, 2002.
- 24 FREITAS, F. O. Evidências genético-arqueológicas sobre a origem do feijão comum no
25 Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, p. 1100-1203, 2006.
- 26 GAGE, D. J. Infection and invasion of roots by symbiotic, nitrogen-fixing rhizobia during
27 nodulation of temperate legumes. **Microbiology and Molecular Biology Reviews** ,
28 Washington, v. 68, n. 2, p. 280-300, 2004
- 29 GEIL, P. B.; ANDERSON, J. W. Nutrition and Health implications of Dry beans. A
30 review: **Journal of the American College of Nutrition**. New York, v. 13, n.6, p. 549-
31 558, 1999.
- 32 GEPTS, P. L.; BLISS, F. A. Phaseolin variability among wild and cultivated common beans
33 (*Phaseolus vulgaris* L.) from Colombia. **Economic Botany**, v. 40, p. 469-478, 1986.

- 1 GEPTS, P. L.; DEBOUCK, D. Origin, domestication and evolution of the common bean
2 (*Phaseolus vulgaris* L.). In: SCHOONHOVEN, A.V. e VOYSEST, O. (eds.) **Common**
3 **beans: Research for crop improvement**. Cali-Colômbia: CIAT, 1991. p. 7-53.
- 4 GITTI, D. C.; ARF, O.; KANEKO, F. H.; RODRIGUES, R. A. F.; BUZETTI, S.;
5 PORTUGAL, J. R.; CORSINI, D. C. D. C. **Inoculação de Azospirillum brasilense em**
6 **cultivares de feijões cultivados no inverno**. Revista Agrarian. Dourados, v.5, n.15, p.36-
7 46, 2012
- 8 GONÇALVES, J.G.R.; CHIORATO, A.F.; MORAIS, L.K.; PERINA, E.F.; FARIAS, F.L.;
9 CARBONELL, S.A.M. **Estudo da estabilidade fenotípica de feijoeiro com grãos**
10 **especiais**. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 922-931, 2010.
- 11 GRAHAM, P. H. Plant factors affecting symbiotic nitro-gen fixation in legumes. In:
12 GRAHAM, P. H. and HARRIS, S. C. (eds). **Biological nitrogen fixation technology for**
13 **tropical agriculture: papers presented at a Workshop held at CIAT, Cali, Colombia,**
14 **Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1982. p.27-37.**
- 15 GRAHAM, P. H. Plant factors affecting symbiotic nitrogen fixation in legumes. In:
16 GRAHAM, P. H. and HAR-RIS, S. C. (eds). **Biological nitrogen fixation technol-ogy for**
17 **tropical agriculture: papers presented at a Workshop held at CIAT, Cali, Colombia,**
18 **Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1982. p.27-37.**
- 19 GRAHAM, P. H.; TEMPLE, S. R. Selection for improved nitrogen fixation in Glycine
20 max (L.) Merr. and *Phaseolus vulgaris* L. **Plant and Soil**, Haia, v. 82, n. 3, p. 315-327,
21 1984.
- 22 HARLAN, J.R. Geographic patterns of variation in some cultivated plants. Baltimore.
23 **Journal of Heredity**, v. 66, p.184-191, 1975.
- 24 HOPKINS, W. G. **Introduction to plant physiology**. New York, John Wiley & Sons,
25 1995. 464 p.
- 26 HUERGO, L.F.; MONTEIRO, R.A.; BONATTO, A.C.; RIGO, L.U.; STE-FFENS,
27 M.B.R.; CRUZ, L.M.; CHUBATSU, L.S.; SOUZA, E.M.; PEDRO-SA, F.O. Regulation of
28 nitrogen fixation in *Azospirillum brasilense*. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE
29 SALAMONE, I. **Azospirillum sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic**
30 **research in Argentina**. Asociación Argentina de Microbiología, Argentina, 2008. p.17-35.
- 31 HUNGRIA, M. **Inoculação com Azospirillum brasilense: inovação em rendimento a**
32 **baixo custo**. Embrapa Soja – Documentos 325, 2011.36p.
- 33 HUNGRIA, M. Sinais moleculares envolvidos na nodulação das leguminosas por rizóbio.
34 **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 18, n. 3, p. 339-364, 1994.

- 1 HUNGRIA, M.; ANDRADE, D. S.; CHUEIRE, L. M. O.; PROBANZA, A.;
2 GUTTIERREZ-MANERO, F. J.; MEGIAS, M. Isolation and characterization of new
3 efficient and competitive bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobia from Brazil. **Soil Biology
& Biochemistry**, Oxford, v. 32, p. 1515-1528, 2000.
- 5 HUNGRIA, M.; ANDRADE, D.S.; CHUEIRE, L. M. O.; PROBANZA, A.;
6 GUTIERREZMAÑERO, F.J.; MEGIAS, M. Isolation and characterization of new efficient
7 and competitive bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobia from Brazil. **Soil Biol. Biochem.**,
8 32:1515-1528, 2000.
- 9 HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **A importância do processo de fixação
10 biológica do nitrogênio para a cultura da soja:** componente essencial para a
11 competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80 p. (Documentos,
12 283).
- 13 HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. **A importância do processo de fixação
14 biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a
15 competitividade do produto brasileiro.** Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80p. (Embrapa
16 Soja. Documentos, 283). (ISSN 1516-781X; N 283).
- 17 HUNGRIA, M.; JOSEPH, C. M.; PHILLIPS, D. A. Anthocyanidins and flavonols, major
18 nod gene inducers from seed of a Black seed common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Plant
19 Physiology**, Lancaster, v. 97, n.2, p. 751-758, 1991.
- 20 HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. **Testes de eficiência agrônoma
21 da tecnologia de coinoculação de rizóbios e *Azospirillum* em soja e feijoeiro.** In: Anais
22 da XVI Reunião da rede de laboratórios para recomendação, padronização e difusão de
23 tecnologia de inoculantes microbianos de interesse agrícola (RELARE). Londrina, 2012.
- 24 HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M.A.; ARAUJO, R.S. **Tecnologia de coinoculação da soja
25 com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*:** Incrementos no rendimento com sustentabilidade e
26 baixo custo. Resumos da XXXIII Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil
27 – Londrina. 2013. Disponível em:
28 [http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/88704/1/Tecnologia-de-coinoculacao-](http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/88704/1/Tecnologia-de-coinoculacao-da-soja-com-Bradyrhizobium-e-Azospirillum-incrementos-no-rendimento-com-sustentabilidade-e-baixo-custo.pdf)
29 [da-soja-com-Bradyrhizobium-e-Azospirillum-incrementos-no-rendimento-com-](http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/88704/1/Tecnologia-de-coinoculacao-da-soja-com-Bradyrhizobium-e-Azospirillum-incrementos-no-rendimento-com-sustentabilidade-e-baixo-custo.pdf)
30 [sustentabilidade-e-baixo-custo.pdf](http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/88704/1/Tecnologia-de-coinoculacao-da-soja-com-Bradyrhizobium-e-Azospirillum-incrementos-no-rendimento-com-sustentabilidade-e-baixo-custo.pdf). Acesso em 14/02/2019.
- 31 HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T.; ARAÚJO, R. S. Fixação biológica de nitrogênio em
32 feijoeiro. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos solos dos cerrados.**
33 Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC. 1997. p. 187-294.
- 34 KHAIRALLAH, M. M.; SEARS, B. B.; ADANS, M. W. Mitochondrial restriction
35 fragment length polymorphisms in wild *Phaseolus vulgaris* L. In: Insights on the
36 domestication of the common bean. **Theoretical and Applied Genetic**. V. 84, p. 915-922,
37 1992.

- 1 KIPE-NOLT, J. A.; MONTEALEGRE, M. C. M.; THOME, J. Restriction of nodulation by
2 the broad host range of *Rhizobium tropici* strain CIAT899 in wild accessions of *Phaseolus*
3 *vulgaris* L. **New Phytologist**, New York, v. 120, n. 4, p. 489-494, 1992.
- 4 KLOEPPER, J.W.; LIFSHITZ, R.; ZABLOTOWICZ, R.M. Free-living bac-terial inocula
5 for enhancing crop productivity. **Trends in Biotechnology**.v.7, p.39-43, 1989
- 6 LEIDI, E. O.; RODRÍGUEZ-NAVARRO, D. N. Nitrogen and phosphorus availability limit
7 N₂ fixation in bean. **New Phytologist**, Londres, v. 147, n.2, p. 337-346, 2000.
- 8 LEMOS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D.; CAMARGO, M. B.; SILVA, T. R. B.;
9 SORATTO, R. P. Inoculação de rizóbio e adubação nitrogenada em genótipos de feijoe-iro.
10 **Agronomia**, 37 (1): 26-31, 2003.
- 11 LIMA, E, R.; GOMES JÚNIOR, F. G.; TARSITANO, M. A. A.; RAPASSI, R. M.A.; SÁ,
12 M. E. Custo de produção e lucratividade do feijão da seca no município de Pereira Barreto.
13 **Cultura Agronômica**. Ilha Solteira, v. 12, n.2, p. 131-141. 2003.
- 14 LOPES, L. H. de O.; FARIA, C. M. B. de. **Recomendações técnicas para o cultivo do**
15 **feijoeiro**. Petrolina, PE: MAARA/EMBRAPA/CPTSA.1995, 18p.
- 16 MA, Y.; BLISS, F. A. Seed protein of common bean. **Crop Science**, v. 18, p. 431-437,
17 1978.
- 18 MALAVOLTA, E. Leguminosas. In: Manual **de calagem e adubação das principais**
19 **culturas** . São Paulo: Agronômica Ceres, 1987. p.112.
- 20 MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006,
21 638p.
- 22 MARIOT, E.J. Ecofisiologia do feijoeiro. In: **O feijão no Paraná**. Fundação Instituto
23 Agronômico do Paraná, Londrina, Paraná, 303 p. IAPAR, Circular, 63. p.. 25-41, 1989.
- 24 MARTÍNEZ-ROMERO, E. Diversity of *Rhizobium- Phaseolus vulgaris* symbiosis:
25 overview and perspectives. **Plant and Soil**, Haia, v. 252, n. 1, p. 11–23, 2003.
- 26 MARTÍNEZ-ROMERO, E.; SEGOVIA, L.; MERCANTE, F. M.; FRANCO, A. A.;
27 GRAHAM, P. H.; PARDO, M. A. *Rhizobium tropici*, a novel species nodulating
28 *Phaseolus vulgaris* L. beans and *Leucaena* sp. trees. **International Journal of Systematic**
29 **Bacteriology**, Ames, v. 41, n. 3, p. 417-426, 1991.
- 30 MEDALIE, L.; BOWDEN, W. B.; SMITH, C. T. Nutrient leaching following land
31 application of aerobically digested municipal sewage sludge in a Northern Hardwood
32 Forest. **Journal of Environmental**. Qual. 23:130-138. 1994.

- 1 MEIRA, F. A.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S.; ARF, O. Doses e épocas de aplicação de
2 nitrogênio no feijoeiro irrigado cultivado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária**
3 **Brasileira. Brasília**, v.40, n.4, p.383-388, 2005.
- 4 MENDES JÚNIOR, A. A.; BUENO, O de C. Participação da energia fóssil na produção
5 dos fertilizantes industriais nitrogenados com ênfase na uréia. **Energia na Agricultura**,
6 Botucatu, vol. 30, n.4, p.442-447, 2015.
- 7 MENDES, I. C.; SUHET, A. R.; PERES, J. R. R.; VARGAS, M. A. T. Eficiência fixadora
8 de estirpes de rizóbio em duas cultivares de feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciências do**
9 **Solo**, v.18 n.3, p.421-425, 1994.
- 10 MERCANTE, F. M.; GOI, S. R.; FRANCO, A. A. Importância dos compostos fenólicos
11 nas interações entre espécies leguminosas e rizóbio. **Revista Universidade Rural, Série**
12 **Ciências da Vida, Seropédica**, v. 22, n. 1, p. 65-81, 2002.
- 13 MICHIELS, J.; VERRETH, C.; VANDERLEYDEN, J. Effects of temperature stress on
14 bean-nodulating Rhizobium strains. **Applied and Environmental Microbiology**,
15 Washington, v. 60, n.4, p. 1206-1212, 1994.
- 16 MILBURN, P.; RICHARDS, J. E.; GARTLEY, C.; POLLOCK, T.; O'NEILL, H.:
17 BAILEY, H. Nitrate leaching from systematically tilled potato fields in New
18 Brunswick, Canada. **Journal of Environmental. Qual**, 19:448-454. 1990.
- 19 MORAES, W. B.; MARTINS FILHO, S.; GARCIA, G. de O.; CAETANO, S. de P.;
20 MORAES, W. B.; COSMI, F. C. Avaliação da fixação biológica do nitrogênio em
21 genótipos de feijoeiros tolerantes a seca. **IDESIA**, v. 28, n. 1, p. 61-68, 2010.
- 22 NASCENTE, S. A.; KLUTHCOUSKI, J.; CRUSCIOL, C. A. C.; COBUCCI, T.;
23 OLIVEIRA, P. Adubação de cultivares de feijoeiro comum em várzeas tropicais. **Pesquisa**
24 **Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.42 n.4, p. 407-415, 2012.
- 25 NASCIMENTO, M. S.; ARF, O; SILVA, M, G da. Resposta do feijoeiro à aplicação de
26 nitrogênio em cobertura e molibdênio via foliar. **Acta Scientiarum. Agronomy Maringá**,
27 v. 26, no. 2, p. 153-159, 2004.
- 28 OLIVEIRA, I. P.; ARAUJO, R.S.; DUTRA, L. G. Nutrição mineral e fixação biológica de
29 nitrogênio. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M. J. O.,
30 coords. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba, Potafos, 1996. p.169-221.
- 31 OLIVEIRA, R. M. B.; OLIVEIRA, F. A.; GUEDES, K. Fertilização nitrogenada e
32 irrigação na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em casa de vegetação. **Revista de**
33 **Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, PB, v. 4, n. 2, p.1-6, 2004.

- 1 OSBORN, T.C. Genetic control of bean seed protein. **Critical Reviews in Plant Sciences**,
2 7: 93-115, 1988.
- 3 PEGORARO, R. F; OLIVEIRA, D.; MOREIRA, C. G.; KONDO, M. K.; PORTUGAL, A.
4 F. Partição de biomassa e absorção de nutrientes pelo feijoeiro comum. **Revista Caatinga**,
5 Mossoró, v. 27, n. 3, p. 41–52, 2014.
- 6 PEREIRA, P. A. A. e SOUZA, C. R. B. Tipos de faseolina em raças “crioulas” de feijão no
7 Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, n.8, p. 1219-1221, 1992.
- 8 PERES, A. R. **Co-inoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* em**
9 **feijoeiro cultivado sob duas lâminas de irrigação: produção e qualidade fisiológica de**
10 **sementes**. 71 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista. (UNESP).
11 Campus de Ilha Solteiro, 2014.
- 12 PEREZ, A. A. G.; SORATTO, R. P.; NATALIA POLITTI MANZATTO, N, P; SOUZA,
13 E. de F. C. de. Extração e exportação de nutrientes pelo feijoeiro adubado com nitrogênio,
14 em diferentes tempos de implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de**
15 **Ciências do Solo**, v. 37, p.1276-1287, 2013.
- 16 PESSOA, A. C. S.; RIBEIRO, A. C.; CHAGAS, J. M.; CASSINI, S. T. A. Atividades de
17 nitrogenase e redutase do nitrato e produtividade do feijoeiro "Ouro Negro" em resposta à
18 adubação foliar com molibdênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n.
19 1, p. 217-224, 2001.
- 20 PHILIPPI, S. T. **Nutrição e Técnica Dietética**. 2.ed.rev. e atual. Barueri (SP): Editora
21 Manole, 2008.
- 22 PORTES, T. de A.; KLUTHCOUSKI, J.; OLIVEIRA, P. de. Aspectos fenológicos do
23 feijoeiro comum como ferramenta para tomada de decisões fitotécnicas. In:
24 KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Fundamentos para uma**
25 **agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás:
26 Embrapa Arroz e Feijão, 2009. p.47-63.
- 27 QUEIROZ-MONICI, K. da S. Biofidogenic effect of dietary fiber and resistant starch from
28 leguminous on the intestinal microbiota of rats. **Nutrition**: v.21, p.602-608, 2005.
- 29 RABELLO, W. S. **Absorção de nutrientes minerais em feijoeiro comum em resposta a**
30 **subdose de Glyphosate**. 76p. Dissertação (Mestrado em Agronomia-Produção Vegetal) –
31 Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytagazes, RJ.
32 2010.
- 33 RAMALHO, M. A. P. Melhoramento do feijoeiro. In: Simpósio sobre atualização em
34 genética e melhoramento de plantas. 1997. Lavras, MG. **Anais...** Lavras UFLA, 1997, p.
35 169-196.

- 1 RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Cultivares, In: VIEIRA, C. **Feijão: aspectos:**
2 **gerais e cultura no estado de Minas Gerais.** Viçosa: UFV, 1998. p.435-450
- 3 RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ZIMERMMANN, M. J. O. de. **Genética**
4 **quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro.** Goiânia:
5 UFG, 1993. 271p.
- 6 RIBEIRO, N. D.; DOMINGUES, L. S.; GRUHN, E. M.; ZEMOLLIN, A. E. M.;
7 RODRIGUES, J. A.; Desempenho agrônômico e qualidade de cozimento de linhagens de
8 feijão de grãos especiais. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 1, p. 92-100, 2014
- 9 RICHETTI, A.; ITO, M. A. **Variabilidade econômica da cultura do feijão-comum,**
10 **safrá da seca de 2016, em Mato Grosso do Sul.** Dourados, MS: Embrapa Agropecuária
11 Oeste. (Comunicado Técnico 208), 2015, 12p.
- 12 RODRIGUEZ, H.; GONZALEZ, T.; GOIRE, I.; BASHAN, Y. Gluconic acid production
13 and phosphate solubilization by the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* spp.
14 **Naturwissenschaften**, v.91, p.552-555, 2004
- 15 ROMANINI JUNIOR, A.; ARF, O.; BINOTTI, F. F. S.; SÁ, M. F.; BUZETTI, S.;
16 FERNANDES, F. A. Avaliação da inoculação de rizóbio e adubação nitrogenada no
17 desenvolvimento do feijoeiro, sob sistema plantio direto. **Bioscience Journal**, v.23 n.4.
18 p.74-82, 2007.
- 19 ROSOLEM, C. A. **Nutrição e adubação do feijoeiro.** Piracicaba: POTAFOS, 1987. 93p.
- 20 ROSOLEM, C. A.; FOLONI, J.S.S.; OLIVEIRA, R. H. Dinâmica do nitrogênio no solo em
21 razão da calagem e adubação nitrogenada, com palha na superfície. **Pesquisa**
22 **Agropecuária Brasileira.** Brasília, v.38, n.2, p.301-309, 2003.
- 23 ROSOLEM, C.; MARUBAYASHI, O, M. Seja Doutor do Seu Feijoeiro. **Informações**
24 **Agronômicas.** nº 7. p. 1-18, 1994 (Encarte especial).
- 25 RUFINI, M.; FERREIRA, P. A. A.; SOARES, B. L.; OLIVEIRA, D. P.; ANDRADE, M. J.
26 B. de; MOREIRA, F. M. de S. Simbiose de bactérias fixadoras de nitrogênio com Feijoeiro
27 comum em diferentes valores de pH. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF**, v.
28 46, n. 1, p. 81-88, 2011.
- 29 SABUNDJIAN, M. T.; ARF, O.; KANEKO, F. H.; NASCIMENTO, O. Doses de
30 nitrogênio no feijão de inverno em sucessão às gramíneas com e sem inoculação de
31 *Azospirillum brasilense*: análise econômica. **Brazilian Journal of Biosystems**
32 **Engineering.** v. 8 (2), p. 139-145, 2014.

- 1 SANTANA, M. J.; ; SILVEIRA, A. L. da.; CAMARGOS, C. R.; BRAGA, J. C. Tensão de
2 água no solo e doses de nitrogênio para a cultura do feijoeiro comum. **Irriga**, Botucatu, v.
3 14, n. 4, p. 518-532, 2009.
- 4 SCHOSSLER, J. H.; MEERT, L.; RIZZARDI, D. A.; MICHALOVICZ, L. Componentes
5 de rendimento e produtividade do feijoeiro comum submetido à inoculação e co-inoculação
6 com estirpes de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*. **Revista scientia agrária**. v.
7 17 n. 1, p. 10 – 15, 2016.
- 8 SILVA, C. C. da; SILVEIRA, P. M. Influência de sistemas agrícolas na resposta do
9 feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigado à adubação nitrogenada em cobertura. **Pesquisa**
10 **Agropecuária Tropical**. 2000. Disponível em:
11 <<http://w.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/viewFile/2868/2918>>.Consulta em
12 18/02/2019.
- 13 SILVA, E. F. da.; MARCHETTI, M. E.; SOUZA, L. C. F. de.;MERCANTE, F. M.;
14 RODRIGUES, E. T.; VITORINO, A. C. T. Inoculação do feijoeiro com *Rhizobium tropici*
15 associada à exsudato de *Mimosa flocculosa* com diferentes doses de nitrogênio. **Bragantia**,
16 v. 68, n. 2, 7p., 2009.
- 17 SILVA, P. M.; TSAI, S. M.; BONETTI, R. Response to inoculation and N fertilization for
18 increased yield and biological nitrogen fixation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.).
19 **Plant and Soil**, Haia, v. 152, n. 1, p. 123-130, 1993.
- 20 SILVA, T. R. B.; T.; LEMOS, L. B.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade e características
21 tecnológicas de cultivares de feijão em resposta à calagem superficial em plantio direto.
22 **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p.196-205, 2011.
- 23 SILVEIRA, P. M.; DAMASCENO, M. A. Doses e parcelamento de K e N na cultura do
- 24 SOUSA, M. A.; LIMA, M. D. B.; SILVA, M. V. V.; ANDRADE, J. W. S. Estresse hídrico
25 e profundidade de incorporação do adubo afetando os componentes de rendimento do
26 feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 2, p. 175-182, 2009.
- 27 SOUZA, E.F.C.; SORATTO, R.P.; PAGANI, F. A. Aplicação de nitrogênio e inoculação
28 com rizóbio em feijoeiro cultivado após milho consorciado com braquiária. **Pesquisa**
29 **Agropecuária Brasileira**., 46:370-377, 2011.
- 30 SOUZA, J. E. B. **Co-inoculação de *Rhizobiumtropici* e *Azospirillum brasilense* no**
31 **feijoeiro-comum visando aumento de produtividade e redução de custo de produção.**
32 (Dissertação, área de concentração: Solo e Água). Universidade Federal de Goiás. Goiânia,
33 85f. 2015.
- 34 STRALIOTTO, R. **A importância da inoculação com rizóbio na cultura do feijoeiro.**
35 Seropédica: Embrapa Agrobiologia. 2002. Disponível em:

- 1 http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/artigos/fbnl_inocula_feijoeiro>. Acesso em: 19
2 fev. 2019.
- 3 STRZELCZYK, E.; KAMPER, M.; LI, C. Cytocinin-like-substances and ethylene production by
4 *Azospirillum* in media with different carbon sources. **Microbiological Research**, v.149, p.55-60, 1994.
- 5 SUN, S. N.; MUTSCHLER, M. A.; BLISS, F. A.; HALL, T. C. Protein synthesis and
6 accumulation in bean cotyledons during growth. **Plant Physiology**, v. 61, p. 918-923,
7 1979.
- 8 TIEN, T.M.; GASKINS, M.H.; HUBBELL, D.H. Plant growth substances produced by
9 *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum*
10 *americanum* L.). **Applied and Environmental Microbiology**, v.37, p.1016-1024, 1979.
- 11 UNKOVICH, M.; HERRIDG, D.; PEOPLES, M.; CADISCH, G.; BODDEY, B.; GILLER,
12 K.; ALVES, B.; CHALK, P. **Measuring plant-associated nitrogen fixation in**
13 **agricultural systems**. Canberra: Aciar, 2008. 258 p.
- 14 URQUIAGA, S.; JANTALIA, C. P.; RESENDE, A. S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R.
15 M. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio na produtividade dos sistemas agrícolas
16 na América Latina. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. (Ed.). **Processos biológicos no**
17 **sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**. Brasília: Embrapa
18 Informação Tecnológica, 2005. p. 181-200.
- 19 VALADAO, F. C. de A.; JAKELAITIS, A.; CONUS, L. A.; BORCHARTT, L.;
20 OLIVEIRA, A. A de.; VALADAO JUNIOR, D. D. Inoculação das sementes e adubações
21 nitrogenada e molibdica do feijoeiro-comum, em Rolim de Moura, RO. **Acta amazônica**,
22 v. 39, n. 4, p. 741-748, 2009.
- 23 VARGAS, M. A. T.; MENDES, I. C.; CARVALHO, A. M.; LOBO -BURLE, M.;
24 HUNGRIA, M. Inoculação de leguminosas e manejo de adubos verdes. In: OUSA, D. M.
25 G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília: Embrapa, 2004.
26 p. 97-127.
- 27 VARGAS, M. T. A.; MENDES, I. C.; HUNGRIA, M. Response of Field - grown bean
28 (*Phaseolus vulgaris* L.) to *Rhizobium* inoculation and nitrogen fertilization in two Cerrados
29 soils. **Biology and Fertility of Soils**, Berlim, v. 32, n. 3, p. 228-233, 2000.
- 30 VASCONCELOS JUNIOR, J. F. **Produtividade do feijoeiro em cultivo tradicional e**
31 **tecnificado no norte fluminense**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) -
32 Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, RJ, 57f, 2009.
- 33 VASCONCELOS, M. J. V. de. Avaliação da variabilidade de cultivares de feijão
34 (*Phaseolus vulgaris* L.) pelo uso de marcadores moleculares RAPD. 1995. 54p. Tese
35 (“Magister Scientiae”) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

- 1 VIEIRA, C. **Cultura do feijão**. 2. ed. Viçosa: Imprensa Universitária da UFV, 1983. 146
2 p.
- 3 VIEIRA, Q. L.; RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos. Crossing incompatibility in
4 some beans cultivars utilized in Brazil. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.
5 12, p. 169-171, 1989.
- 6 VILHORDO, B. W. Morfologia. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMM
7 ERM ANN, M. J. de O. (Coord). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba:
8 Potafos, 1996. p.71-99.
- 9 WEIL, R. R.; WEISMILLER, R. A.; TURNER, R. S. Effect contamination of ground water
10 under irrigated coastal plain. **Journal of Environmental**. Qual. 19:441-448. 1990.
- 11 YOKOYAMA, L.P. **Aspectos conjunturais da produção de feijão**. In: AIDAR, H.;
12 KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. Produção de feijoeiro comum em várzeas tropicais.
13 Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p.249-292.
- 14 YOKOYAMA, P. L., STONE, F. L., **Cultura do Feijoeiro no Brasil: Características de**
15 **Produção**. 1ª Ed. Vol. único p. 08 – Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, 2000.

1 **CAPITULO 2 - INOCULAÇÃO E COINOCULAÇÃO COMO ALTERNATIVAS**
2 **AO USO DE NITROGÊNIO MINERAL NA CULTURA DO FEIJOEIRO COMUM**

3

4 **RESUMO:** A cultura do feijoeiro comum demanda altas doses de N para a produção
5 elevada de grãos, e os adubos nitrogenados são a principal fonte deste elemento para a
6 cultura. Contudo, o elevado custo e o impacto ambiental dos fertilizantes nitrogenados são
7 fatores que têm, cada vez mais, restringido o seu emprego. Diante disto, este trabalho teve
8 como objetivo estudar fontes alternativas ao uso do N mineral nesta cultura. O ensaio foi
9 conduzido na área experimental da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, unidade
10 de Aquidauana, no ano agrícola 2016/2017. Adotou-se o delineamento experimental de
11 blocos ao caso com 12 tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos constaram de
12 combinações da inoculação das sementes com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*,
13 aplicados isoladamente e associados (coinoculação), com e sem a aplicação do N mineral.
14 Foram avaliados caracteres associados à morfologia da raiz, à arquitetura da planta, os
15 componentes primários da produção e a produtividade de grãos. Os tratamentos
16 alternativos ao uso do N mineral na cultura do feijoeiro comum, aplicados de forma isolada
17 ou associados à aplicação do N mineral, promovem o aumento da nodulação das raízes e
18 do teor de N nas folhas, porém não influenciam os componentes primários da produção e
19 nem a produtividade de grãos da cultura.

20

21 **PALAVRAS-CHAVE:** *Azospirillum brasilense*; Fixação biológica de nitrogênio;
22 *Phaseolus vulgaris* L.; *Rhizobium tropici*.

23

1 **INOCULATION AND COINOCULATION AS ALTERNATIVES TO THE USE OF**
2 **MINERAL NITROGEN IN THE CULTURE OF COMMON BEAN PLANT**

3
4 **ABSTRACT:** The common bean plant crop demands high doses of N for the high grains
5 production, and the nitrogen fertilizers are the main source of this element for the crop.
6 However, the nitrogen fertilizers high cost and environmental impact are factors that have
7 increasingly restricted their employment. Therefore, the aim of this work was to study
8 alternative sources to the use of mineral N in this culture. The experiment was conducted in
9 the experimental area of the State University of Mato Grosso do Sul, Aquidauana's unit, in
10 2016/2017 agricultural year. The blocks experimental design was adopted to the case with
11 12 treatments and four replicates. The blocks experimental design was adopted to the case
12 with 12 treatments and four replicates. The treatments consisted of combinations of the
13 seeds inoculation with *Rhizobium tropici* and *Azospirillum brasilense*, applied alone and
14 associated (coinoculation), with and without the mineral N application. Characteristics
15 associated with root morphology, plant architecture, primary production components and
16 grain yield were evaluated. It was concluded that alternative treatments to the use of
17 mineral N in the common bean plant crop, applied in isolation way or associated to the
18 application of the mineral N, promote the increase of root nodulation and the N content in
19 the leaves, but they do not influence neither the components nor the crop grain productivity.

20
21 **KEYWORDS:** *Azospirillum brasilensi*; Nitrogen biological fixation; *Phaseolus vulgaris*;
22 *Rhizobium tropici*;

23

1. INTRODUÇÃO

A importância social e econômica da cultura do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) no Brasil é evidenciada, principalmente, por ser alimento básico da população, constituindo importante fonte protéica na dieta alimentar, principalmente para a população de baixa renda, fornecendo ainda ferro, carboidratos e fibras (LIMA et al, 2003), e pela demanda por mão-de-obra, fazendo parte da maioria dos sistemas produtivos dos pequenos, médios e grandes produtores (SILVA, 2007).

O Brasil cultivou no ano agrícola 2017/2018, área de 1.662.600 hectares com feijão comum, considerando as três safras anuais, tendo colhido com produção de 2.329.500 toneladas de grãos, e produtividade média de 1.401,11 kg ha⁻¹ (CONAB, 2018). No Brasil, o feijão é cultivado o ano todo em todo território nacional, distinguindo-se, contudo, três épocas tradicionais de cultivo: o feijão “das águas”, ou da primeira safra; o feijão “da seca”, ou da segunda safra e o feijão da “terceira época” ou “safra outono-inverno”, que propicia oferta permanente para a demanda por parte da população.

Diversos atores contribuem para a baixa produtividade de grãos da cultura quando comparada à outras cultura produtoras de grãos. Ramalho (1997) menciona entre essas causas o baixo nível de insumos utilizados, principalmente fertilizantes, e entre eles os nitrogenados por serem os mais empregados na cultura. Um fator limitante ao emprego dos fertilizantes nitrogenados é o seu alto custo, pois grande parte da matéria prima utilizada na sua fabricação é importada (HUNGRIA et al., 2007). O seu custo elevado contribui para o aumento do custo de produção da cultura e, conseqüentemente, para o uso de doses deficitárias do nutriente pelos produtores, além de apresentarem elevado potencial de danos ao meio ambiente por ser facilmente lixiviáveis (ROSOLEM, et al., 2003; HUNGRIA et al., 2007).

A busca por alternativas que substituam ou minimizem o uso do N mineral, com vistas não somente à redução dos custos de produção, mas também do impacto ambiental que tais fertilizantes causam, torna-se uma necessidade, sendo que a fixação biológica do nitrogênio (FBN) constitui-se numa dessas alternativas, assim como as bactérias associativas capazes de promover o crescimento das plantas por meio de vários processos, das quais a espécie *Azospirillum brasilense* tem sido a mais utilizadas. (HUNGRIA et al., 2013)

1 Considerando os benefícios atribuídos a diversas culturas pela inoculação com
2 *Azospirillum*, deduz-se que a coinoculação com ambos os organismos pode melhorar o
3 desempenho das culturas em uma abordagem que respeita as demandas atuais de
4 sustentabilidade agrícola, econômica, social e ambiental (HUNGRIA et al., 2013). Diante
5 disto o objetivo este trabalho foi o de estudar os efeitos isolados e interagidos de
6 *Rhizobium tropici* e de *Azospirillum brasilensi*, associados ou não ao N mineral, como
7 alternativas ao uso do fertilizante nitrogenado na cultura do feijoeiro comum.

8

9

2. MATERIAL E MÉTODO

O ensaio foi conduzido na área experimental da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, localizada no município de Aquidauana, MS, na região do ecótono Cerrado-Pantanal, latitude 20° 27' S, longitude 55°40'W, com altitude de 170 m, no ano agrícola 2016/2017. O solo da área é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, de textura arenosa, conforme os critérios do Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (EMBRAPA, 2006). O clima da região, segundo a classificação de Köppen-Geiger, é do tipo Aw (Tropical de Savana) com estação chuvosa no verão e seca no inverno, precipitação média anual de 1200 mm e temperaturas médias máximas de 33°C, e médias mínimas 19°C. As condições climáticas durante a condução do ensaio estão representadas nas Figuras 1.

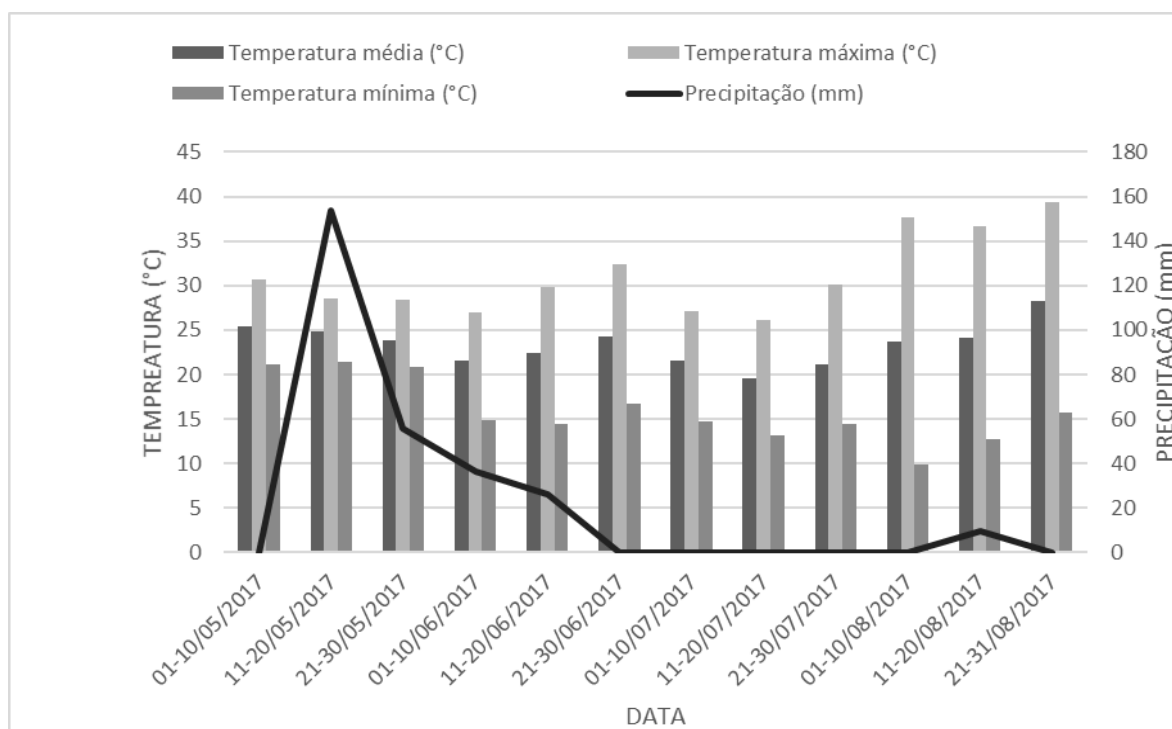


Figura 1. Temperaturas máximas, médias, mínimas e precipitações pluviométricas ocorridas durante a execução do ensaio, em Aquidauana, 2017.

Fonte: UEMS-Plataforma de Coleta de Dados Meteorológicos do Laboratório de Manejo e Conservação do Solo e Água.

As precipitações ocorridas durante o período de desenvolvimento da cultura (Figura 1) totalizaram 279,4 mm, com maiores precipitações nos meses de maio e junho, coincidindo com a cultura nos estágios fenológicos vegetativos e na pré-floração (R5), atendendo plenamente as necessidades hídricas desses estádios, todavia, as precipitações foram insuficientes para atender a demanda da cultura nos estádios reprodutivos, os de

1 maiores exigências hídricas (SORATTO et al., 2003; AGUIAR et al., 2008; VALE et al.,
2 2012). A temperatura média de 23,3C° (Figura 1) é considerada adequada ao
3 desenvolvimento da cultura e aos processos de FBN (DOURADO NETO; FANCELLI,
4 2000).

5 Anteriormente a área de condução do ensaio foi explorada com cultivos de feijão
6 comum e feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) no período verão/outono e
7 permanecendo em “pousio” no inverno/primavera. Inicialmente realizou-se a amostragem
8 do solo na camada de 0 a 20 cm e encaminhadas para o Laboratório de Análise química e
9 física do solo da Embrapa Agropecuária Oeste, localizada em Dourados, MS, cujos
10 resultados encontram-se na Tabela 1.

11

12 Tabela 1. Resultados das análises químicas e físicas do solo da área experimental na
13 camada de 0 – 20 cm.

pH	P ⁽¹⁾	MO	K	Ca	Mg	Al	(H + Al)	m	V
(CaCl ₂)	(mg dm ⁻³)	(g kg ⁻¹)	(cmol _c dm ⁻³)			(%)			
5,16	26,68	16,03	0,47	3,18	0,68	0,00	3,29	0,00	56,81

14

(1) = Mehlich 1

15 Em função das principais espécies de plantas invasoras presentes na área
16 experimental serem perenes e anuais de difícil controle foi realizada dessecação da área em
17 pré-plantio empregando-se a mistura de tanque Glyphosate (480 g i.a. L⁻¹) + 2,4-D (806 g
18 i.a. L⁻¹), nas doses de 1440 e 670 g. de i.a. ha⁻¹, respectivamente, dos referidos produtos
19 comerciais.

20 Duas semanas após a aplicação dos herbicidas realizou se uma gradagem aradora
21 para incorporação dos resíduos vegetais e outra, quinze dias após a primeira. Antes da
22 semeadura realizou uma gradagem niveladora com a finalidade de nivelar, destorroar e
23 adequar o solo à semeadura. Os sulcos foram abertos mecanicamente espaçados de 0,50 m
24 na profundidade de 5 a 10 cm. Adotou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso
25 com 12 tratamentos e quatro repetições, a unidade experimental constou de quatro fileiras
26 de plantas com 5,0 m de comprimento, espaçadas de 0,50 m entre si, considerando-se como
27 área útil as duas fileiras centrais, descartando-se 1,0 m nas extremidades, exeto para a
28 variável produtividade na qual utilizou se a área total da parcela.

29

30 A adubação de manutenção foi realizada manualmente no fundo dos sulcos, em
31 todos os tratamentos o equivalente a 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅, utilizando-se como fonte o
32 superfosfato simples (20% de P₂O₅), e 40 kg ha⁻¹ de K₂O, empregando-se o cloreto de
potássio (60% e K₂O). Nos tratamentos em que se aplicou o nitrogênio na semeadura a

1 fonte utilizada foi a uréia (45% de N) na dose de 20 kg ha⁻¹ de N. Os adubos foram
2 incorporados ao solo.

3 Em todos os tratamentos as sementes foram previamente tratadas com a mistura de
4 inseticida + fungicidas Fipronil + Piroclostrobrina + Tiofanato metílico na proporção de
5 200 mL 100 kg⁻¹ de sementes do produto comercial, após o qual procedeu-se à inoculação
6 das mesmas com *Rhizobium tropici* ou com *Azospirillum* ou com a coinoculação, de
7 acordo com o tratamento.

8 Nos tratamentos com inoculação de *Rhizobium tropici* as sementes foram tratadas
9 com inoculante turfoso contendo a estirpe SEMIA 4077 e 4088, com 3,0x10⁹ UFC/g e para
10 os tratamentos com *Azospirillum brasilense* a inoculação das sementes foi realizada com o
11 inoculante comercial turfoso AzoTotal[®] gramíneas que contém as estirpes AbV5e AbV6. A
12 inoculação foi realizada à sombra e a semeadura efetuada no mesmo dia, mantendo-se a
13 semente inoculada protegida do sol e do calor excessivo. Para melhor aderência do
14 inoculante turfoso, as sementes foram inicialmente umedecidas com água açucarada a 10
15 %, distribuindo-se, após, o inoculante uniformemente na superfície das mesmas
16 (MERCANTE et al., 2006). Utilizou-se a dose de 200 gramas de inoculante para cada 25
17 kg de sementes conforme metodologia adotada por Peres (2014). Os tratamentos avaliados
18 encontram-se na Tabela 2.

19
20 Tabela 2. Especificação dos tratamentos experimentais.

Tratamento	<i>R. tropici</i>	<i>A. brasilense</i>	Coinoculação	N/semadura	N/cobertura
T1	+	-	-	-	-
T2	-	+	-	-	-
T3	-	-	+	-	-
T4	-	-	-	+	-
T5	+	-	-	+	-
T6	-	+	-	+	-
T7	-	-	+	+	-
T8	-	-	-	+	+
T9	+	-	-	+	+
T10	-	+	-	+	+
T11	-	-	+	+	+
T12	-	-	-	-	-

21 Obs: Coinoculação = (*R. tropici* + *A. brasilense*); + = presença; - = ausência

22 A semeadura foi realizada manualmente na primeira quinzena de maio,
23 considerando como cultivo “da seca”, na densidade de 15 sementes m⁻¹ com uma
24 população final de 240.000 plantas ha⁻¹. A cultivar utilizada foi a BRS Estilo que
25 apresenta ciclo normal (de 85 a 90 dias, da emergência à maturação fisiológica), grãos do

1 tipo carioca, arquitetura ereta, boa tolerância ao acamamento e adaptadas à colheita
2 mecânica, inclusive direta, apresentando elevado potencial produtivo (MELO et al., 2010).

3 O fornecimento do N em cobertura (T8, T9, T10 e T11) foi realizado no estádio V4,
4 empregando-se a dose de 50 kg ha⁻¹ de N, também na forma de Uréia, conforme sugestões
5 de Dourado Neto & Fancelli (2000). O adubo foi distribuído manualmente em filete
6 contínuo ao lado das plantas e incorporado superficialmente ao solo para se minimizar as
7 perdas de N por volatilização.

8 O controle de plantas daninhas foi realizado na pós-emergência empregando-se os
9 herbicidas Fluazifop butil + Fomesafen, em mistura pronta (125 + 125 g L⁻¹ de i.a.) na dose
10 de 2 L ha⁻¹ do produto comercial quando as plantas de feijão encontravam-se no estádio
11 fenológico V3. Foi realizada uma aplicação no pré-florescimento (estágio R5) do inseticida
12 Tiodicarbe na dose de 100 gramas ha⁻¹ do produto comercial contendo 800 g. de i.a. kg⁻¹.
13 para o controle de lagartas desfolhadoras e não foram aplicados fungicidas na parte aérea
14 das plantas.

15 **Foram realizadas as seguintes avaliações:**

16 **(i) Número total de nódulos nas raízes por planta (NTNR):** adotou-se a
17 metodologia preconizada por Munhoz (2011). No estádio fenológico R6 (50% das plantas
18 com pelo menos uma flor aberta) realizou a coleta dos nódulos presentes nas raízes. Foram
19 arrancadas cinco plantas da área útil de cada parcela, tomadas aleatoriamente, utilizando-se
20 pá-de-corte para não danificar as raízes. As raízes foram retiradas até a profundidade de 20
21 cm e com diâmetro de 15 cm ao redor do caule da planta. Posteriormente as plantas foram
22 acondicionadas em saco plástico e levadas ao laboratório de Microbiologia da UEMS,
23 Aquidauana, separando a parte aérea pelo corte das plantas no colo da planta. Em seguida
24 as raízes foram lavadas e procedeu-se a retirada de nódulos presentes na raiz principal
25 (NNRP) e dos nódulos das raízes secundárias (NNRS), procedendo-se à contagem em cada
26 grupo.

27 **(ii) Massa seca de nódulos por planta (MSNP):** Após os procedimentos adotados na
28 avaliação das variáveis anteriores os nódulos foram acondicionados em sacos de papel e
29 submetidos a estufa de circulação forçada com temperatura de 60°C até a massa constante
30 para determinação da massa seca em balança analítica.

31 **(iii) Massa seca de raízes (MSR):** As raízes das cinco plantas colhidas desprovidas dos
32 nódulos foram acondicionadas em sacos de papel e submetidos a estufa de circulação

1 forçada com temperatura média de 60°C até peso constante e em seguida foi determinada a
2 massa seca de raízes por planta em balança semi-analítica;

3 **(iv) Massa seca da parte aérea das plantas (MSPA):** as mesmas plantas utilizadas
4 para a determinação do número e da massa de nódulos por planta tiveram sua parte aérea
5 separada das raízes colocadas em saco de papel e levadas à estufa com circulação forçada
6 em temperatura média de 60°C até adquirirem massa constante, sendo em seguida
7 determinado a massa seca da parte aérea;

8 **(v) Altura de planta (ALP):** mediu-se a altura das cinco plantas colhidas para a coleta
9 dos nódulos empregando-se uma fita trena graduada em mm da base da planta (região do
10 colo) até o ápice da haste principal;

11 **(vi) Número de entrenós por planta (NEP):** realizou-se a contagem do número de
12 entrenós na haste principal das cinco plantas colhidas, calculando-se a média;

13 **(vii) Teor de Nitrogênio nas folhas (TNF):** foram colhidas cinco folhas no estágio R6
14 por parcela, na região mediana das plantas. As amostras foram lavadas em água corrente,
15 secas à sombra, acondicionadas em saco de papel pardo e levadas para o Laboratório de
16 Nutrição de Plantas. O teor de N nas folhas (TNF) foi determinado pelo método Kjeldahl
17 de acordo com Embrapa (1977);

18 **(viii) Número de vagens por planta (NVP):** Pela ocasião da colheita foram tomadas
19 aleatoriamente cinco plantas da área útil de cada parcela efetuando-se a contagem do
20 número médio de vagens por planta;

21 **(ix) Número de grãos por vagem (NGV):** De cada uma das plantas em que se
22 procedeu a contagem do número de vagens foram tomadas três vagens nas quais se
23 procedeu à contagem do número de grãos totalizando 15 vagens por parcela;

24 **(x) Produtividade de grãos em kg ha⁻¹(PRD):** Na estimativa de produtividade de
25 grãos considerou-se a área total da parcela. A produção obtida foi extrapolada para kg ha⁻¹
26 após a correção da umidade dos grãos para 13%, empregando-se a expressão:

$$p = pc \cdot \frac{(100 - Uo)}{(100 - Ui)}$$

27
28 em que: p = peso corrigido (kg ha⁻¹); Pc = peso de campo (kg ha⁻¹); Uo = umidade medida
29 após colheita (%); Ui = umidade de correção (13%).

30 **(xi) Massa de 100 grãos (MCG):** Da produção de cada parcela foi tomada uma
31 amostra na qual se procedeu a determinação da massa de 100 grãos após a correção da
32 umidade para 13%.

1 A colheita, foi realizada quando as plantas se apresentavam com as folhas
2 completamente secas, 90-95% das vagens secas e os grãos com 13% de umidade, no
3 período de 10 a 15 de agosto foi realizado o arranquio, amontoa para completar a secagem,
4 bateção com varas flexíveis e abanação com peneiras de malha apropriada, A produção de
5 cada parcela foi acondicionada em sacos de papel e levada para o laboratório de Fitotecnia
6 da UEMS para pesagem e determinação de umidade.

7 As variáveis MSR e MSNP tiveram os seus dados transformados pela raiz quadrada
8 de $X + 1$ antes de serem submetidos à análise de variância.

9 O fator experimental foi considerado qualitativo e no caso do teste F significativo
10 as médias foram agrupadas pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade. Nas análises
11 estatísticas utilizou-se o aplicativo computacional Genes (CRUZ, 2013).

12

13

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os tratamentos diferiram para as variáveis número de nódulos nas raízes secundárias (NNRS), número total de nódulos nas raízes por planta (NTNR) e teor de nitrogênio nas folhas (TNF) ($p < 0,01$) (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3. Resumo das análises de variâncias para os caracteres agronômicos para genótipo de feijoeiro comum. Aquidauana, MS. 2017.

FV ¹	G.L. ²	NNRP ³	NNRS ⁴	NTNR ⁵	MSNP ⁶	MSR ⁷	ALP ⁸	NEP ⁹
Quadrados Médios								
Blocos	3	0,06	49,57	25,57	0,07	0,11	11,15	0,29
Tratamen.	11	0,09 ^{ns}	60,96**	71,08**	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	34,48 ^{ns}	0,99 ^{ns}
Resíduo	33	0,05	29,13	5,04	0,01	0,02	24,50	0,59
CV(%)	-	11,98	33,24	15,98	12,17	9,36	12,13	9,55
Média	-	1,83	12,48	14,06	0,047	1,38	40,79	8,07

1 = Fontes de variação; 2 = graus de liberdade; 3 = número de nódulos na raiz primária; 4 = número de nódulos nas raízes secundárias; 5 = número total de nódulos nas raízes; 6 = massa seca de nódulos por planta em grama; 7 = massa seca de raízes em grama planta⁻¹; 8 = altura de planta em cm; 9 = número de entrenós por planta; CV = coeficientes de variação; ns = não significativo a 5% ; ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 4. Resumo das análises de variâncias para os caracteres agronômicos para genótipos de feijoeiro comum. Aquidauana, MS. 2017.

FV ¹	G.L. ²	MSPA ³	TNF ⁴	NVP ⁵	NGV ⁶	PRD ⁷	MCG ⁸
Quadrados Médios							
Blocos	3	7,19	0,32	11,20	0,12	71787,58	18,34
Tratamen.	11	1,86 ^{ns}	0,51**	3,35 ^{ns}	0,16 ^{ns}	137254,56 ^{ns}	7,64 ^{ns}
Resíduo	33	2,17	0,09	4,11	0,16	61110,92	3,89
C.V(%)	-	23,76	7,93	25,74	12,02	19,19	7,57
Média	-	6,20	3,78	7,87	3,40	1267,61	26,06

1 = Fontes de variação; 2 = graus de liberdade; 3 = massa seca da parte aérea das plantas em grama planta⁻¹; 4 = teor de N nas folhas em %; 5 = número de vagens por planta; 6 = número de grãos por vagem; 7 = produtividade de grãos em kg ha⁻¹; 8 = massa de 100 grãos em grama; CV = coeficientes de variação; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Esses resultados divergem dos encontrados por Peres (2014), que avaliando os efeitos da inoculação e coinoculação de feijão comum com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*, sob duas lâminas de irrigação e diferentes doses de N em cobertura, observou significância entre os tratamentos para as variáveis MSPA, TNF, MSR, NTNR, MSNP, NVP e NGV e não significância para a variável PRD. Divergem, em parte, dos resultados encontrados por Gilabel (2018) avaliando os efeitos da coinoculação e da adubação nitrogenada de semeadura em feijoeiro comum que observou diferenças entre

1 os tratamentos para as variáveis NVP, NTNR, MSNP e TNF, podendo concluir que o
2 maior NTNR influenciou a TNF.

3 O coeficiente de variação (CV), ficou acima de 20% para os caracteres NNRS
4 (33,24%), MSPA (23,76%), e NVP (25,74%). De acordo com a classificação estabelecida
5 por Pimentel-Gomes (2009), quando situado entre 20 e 30% indica baixa precisão, entre 10
6 e 20% média precisão e abaixo de 10% alta precisão para experimentos de campo. No
7 entanto Garcia (1989) esclarece que a classificação de CV de Pimentel-Gomes, apesar de
8 ser extensivamente utilizada, é abrangente e não considera as particularidades da cultura
9 avaliada, a natureza do ensaio e, principalmente a variável estudada, o que podem ser
10 relevantes para a correta interpretação das magnitudes dessa medida.

11 As médias das variáveis NNRP, NNRS, NTNP, MSN, MSR e NEP encontram-se
12 na Tabela 5. Os tratamentos que apresentaram as maiores médias para a variável NTNR
13 foram o T2 (sem N mineral na semente e em cobertura + *Azospirillum*), 17,70; o T5
14 (com N mineral na semente + *Rhizobium* e sem N em cobertura), 22,33; o T9 (com N
15 mineral na semente + *Rhizobium* + N em cobertura), 18,40 e o T11 (com N mineral na
16 semente + co-inoculação + N em cobertura), 18,63, que não diferiram estatisticamente
17 entre si.

18
19
20
21 Okon; Itzigsohn (1995) observaram que o crescimento das leguminosas promovido
22 após a inoculação com *Azospirillum* foi precedida pelo aumento na nodulação das plantas,
23 segundo os autores, uma possível explicação é que *Azospirillum* tem forte atração
24 microaerófila ao nicho rizosférico das raízes das leguminosas e mobilidade mais rápida
25 do que *Rhizobium*.

26 Para Chibeba et al. (2015) podem levar a conclusão de que as raízes das
27 leguminosas podem ser ocupadas primeiramente por *Azospirillum*, permitindo pré-
28 condicionamento das raízes antes da colonização de *Rhizobium*, tal fato pode explicar a
29 maior nodulação observada no T2 em que as sementes foram tratadas apenas com
30 *Azospirillum*, na ausência de N mineral. Este resultado, contudo, diverge dos observados
31 por Souza (2014) e por Corsini (2014) que não evidenciaram aumento na nodulação do
32 feijoeiro tratado com *Azospirillum* em relação à testemunha.

1 Quanto ao T9 (*R. tropici* + N na semeadura e N em cobertura), Barros et al.
 2 (2013), avaliando a interação da inoculação rizobiana, adubação nitrogenada e épocas de
 3 semeadura, também observaram maior número de nódulos nos tratamentos inoculados. Por
 4 outro lado Souza et al. (2011), ao avaliarem a aplicação de N mineral e a inoculação
 5 rizobiana em feijoeiro comum, em cultivo de sucessão após milho consorciado com
 6 braquiária, não observaram efeito do rizóbio introduzido no número de nódulos nas raízes.

7
 8 Tabela 5. Médias dos caracteres agrônômicos para genótipo de feijoeiro comum.
 9 Aquidauana. MS. 2017.

Tratamento	NNRP ¹	NNRS ²	NTNR ³	MSN ⁴	MSR ⁵	ALP ⁶	NEP ⁷
T1	2,15 B	8,65 bA	10,80 b	0,051	1,38	39,45	7,60
T2	1,55 B	16,15 aA	17,70 a	0,047	1,36	35,70	7,65
T3	0,80 B	13,00 bA	13,80 b	0,044	1,30	37,85	7,20
T4	0,75 B	11,65 bA	12,40 b	0,047	1,35	40,20	8,00
T5	2,15 B	20,18 aA	22,33 a	0,041	1,37	42,25	8,60
T6	0,90 B	8,50 bA	9,40 b	0,051	1,42	45,50	8,80
T7	3,15 B	8,90 bA	12,05 b	0,049	1,42	44,50	8,45
T8	1,20 B	12,20 bA	13,40 b	0,052	1,34	40,73	8,20
T9	2,55 B	15,85 aA	18,40 a	0,050	1,35	42,00	7,80
T10	1,10 B	8,75 bA	9,85 b	0,044	1,36	43,65	8,60
T11	2,13 B	16,50 aA	18,63 a	0,047	1,40	40,05	7,65
T12	0,50 B	9,45 bA	9,95 b	0,043	1,54	37,65	8,35
Média	1,83	12,48	14,06	0,047	1,38	40,79	8,07

10 Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, pertencem a um mesmo grupo
 11 de acordo com o teste de Scott-Knott, no nível de 5% de probabilidade; 1 = número de nódulos na raiz
 12 primária; 2 = número de nódulos nas raízes secundárias; 3 = número total de nódulos por planta; 4 = massa
 13 seca de nódulos por planta em grama; 5 = massa seca de raízes em grama; 6 = altura de planta em cm; 7 =
 14 número de entrenós por planta.

15
 16 A maior nodulação obtida nos tratamentos T5, T9 e T11, nos quais aplicou-se N
 17 mineral na semeadura e em cobertura (T9 e T11) permite inferir que na dose utilizada (20
 18 kg ha⁻¹ na semeadura e 50 kg ha⁻¹ em cobertura) não causa efeito inibitório do N na
 19 nodulação. Embora vários autores mencionam que o excesso de N mineral reduz,
 20 drasticamente, a nodulação das leguminosas (STREETER, 1988; MOREIRA: SIQUEIRA,
 21 2006; SILVA et al. 2009; MELO et al. 2015 e ARAUJO et al. 2007).

22 O maior número de nódulos nas raízes no tratamento (T11) que recebeu a
 23 coinoculação e N em cobertura e N em semeadura, corrobora os resultados obtidos por
 24 diversos pesquisadores (VERONEZI et al., 2012; PERES, 2014; CORSINI, 2014).
 25 HUNGRIA et al., (2013) comenta que a superioridade da coinoculação na nodulação e
 26 outras características, resulta dos efeitos combinados que as duas bactérias proporcionam.

1 Entretanto, Souza et al. (2018) que não encontraram diferenças na nodulação de feijoeiro
2 entre o tratamento e a testemunha e o que recebeu a coinoculação com *R. tropici* e
3 *Azospirillum*, possivelmente devido às condições favoráveis de cultivo que nem sempre são
4 favoráveis ao estabelecimento da simbiose com *Rhizobium* ou ao efeito promotor de
5 crescimento do *Azospirillum*.

6 Pode-se observar na Tabela 5 que a diferença entre os tratamentos para a variável
7 número total de nódulos nas raízes (NTNR) se deu em virtude dos nódulos nas raízes
8 secundárias (NNRS) já que não houve diferença entre a quantidade de nódulos na raiz
9 principal (NNRP) nos diferentes tratamentos. Hardarson et al. (1993) comentam que
10 embora a nodulação do feijoeiro ocorra inicialmente na raiz principal, sabe-se que as raízes
11 secundárias têm uma participação efetiva na nodulação e fixação de N₂, contribuindo para
12 a participação de nódulos nas etapas posteriores de desenvolvimento da planta,
13 incrementando o período ativo de fixação, no que resulta maior acúmulo de N nos tecidos.

14 Araujo et al. (1996) avaliando a resposta de diferentes cultivares de feijoeiro
15 inoculados com duas estirpes de *Rhizobium* (SEMIA 4064 e SEMIA 4077) em relação a
16 algumas etapas iniciais do processo de nodulação nas raízes primária e secundária do
17 feijoeiro concluíram que cultivares com grão de coloração bege ou amarela apresentam
18 maior potencial de nodulação nas raízes secundárias do que as com grão preto,
19 corroborando os resultados deste trabalho, cujo a cultivar é de coloração bege.

20 Não houve diferenças entre os tratamentos para as variáveis MSN e MSR (Tabela
21 5). Souza (2014) avaliando os efeitos da inoculação com *B. tropici* e *Azospirillum*, de
22 forma conjunta e isolada em feijão comum, cultivar Pérola, também observaram que essas
23 variáveis não foram influenciadas pelos tratamentos. Barros et al. (2013) e Souza et al.
24 (2018) também constataram massa seca de nódulos e raízes do controle e dos tratamentos
25 inoculados com *R. tropici* semelhantes entre eles. Souza et al. (2018), neste caso, sugeriram a
26 hipótese de uma alta população já estabelecida de *Rhizobium* no solo capaz de nodular o
27 feijoeiro, hipótese que também pode ser empregada para explicar os resultados obtidos neste
28 trabalho, uma vez que a área do experimento vem sendo cultivada nas safras anteriores com a
29 cultura do feijão comum.

30 Corsini (2014), todavia, estudando a crescimento e nodulação do feijoeiro comum
31 em resposta a coinoculação das sementes com *R. tropici* e *A. brasilense* observaram que a
32 inoculação de sementes com *A. brasilense* + *R. tropici* proporcionou maior massa seca do

1 sistema radicular das plantas de feijão em detrimento ao tratamento com *R. tropici*, fato
2 não observado neste trabalho. Dardanelli et al., 2008 esclarecem que a presença do *A.*
3 *brasilense* contribui para o aumento do sistema radicular, seja pela fixação de nitrogênio
4 atmosférico, seja pela produção de fitohormônios que acabam promovendo o aumento
5 dessa parte da planta pelo acréscimo de radículas e/ou diâmetro das raízes.

6 A altura média de plantas (ALP) e o número de entrenós planta⁻¹ na haste
7 principal (ENP) foram de 40,79 cm e 8,09, respectivamente, não havendo diferenças entre
8 os tratamentos para essas duas variáveis (Tabela 5). Schossler et al. (2016) estudando os
9 componentes de rendimento e produtividade do feijoeiro comum submetido à inoculação e
10 coinoculação com *R. tropici* e *A. brasilense*, cultivar IPR Tangará, evidenciaram diferenças
11 entre os tratamentos para a altura de planta, em que os tratamentos de inoculação isolada e
12 coinoculação superaram e diferiram significativamente da testemunha e não diferiram entre
13 si.

14 França et al., (2008) atribuíram a menor altura de planta à testemunha
15 provavelmente devido à ausência de nitrogênio no tratamento, pois o mesmo possui
16 correlação positiva com as taxas fotossintéticas da planta (FRANÇA et al., 2008), ou seja,
17 quanto maior, maior será seu crescimento. Rodrigues et al. (2012) também comprovaram
18 maior altura de planta, em feijão-caupi, para os tratamentos com *Bradyrhizobium sp.* e
19 também a combinação de *Bradyrhizobium sp.*+ *Paenibacillus durus* em relação a
20 testemunha. Entretanto, Frigo (2013) em seus estudos com feijão-caupi, não encontrou
21 diferença entre plantas sem inoculação e plantas inoculadas com diferentes estirpes de
22 bactérias fixadoras de nitrogênio.

23 As baixas precipitações pluviométricas verificadas nos meses de julho e agosto
24 (Figura 1) com a cultura nos estádios fenológicos R7 e R8, possivelmente contribuíram
25 para minimizar os efeitos dos tratamentos sobre a altura de planta e dos caracteres de
26 produção. Os resultados encontrados na literatura quanto ao comportamento do caráter
27 ALP são divergentes, sendo que, em alguns casos os genótipos apresentaram redução da
28 estatura de planta pelo fato do estresse hídrico reduzir o turgor das células e,
29 conseqüentemente, seu crescimento (COSTA et al., 2008), porém, em outros casos, ocorre
30 um aumento quando submetido ao estresse hídrico, conseqüência do estiolamento das
31 plantas quando submetidas a essas condições (AGUIAR et al., 2008). O comportamento da

1 variável NEP foi semelhante ao da variável ALP em decorrência da alta correlação
2 fenotípica, positiva, que se espera entre estas duas características.

3 Na Tabela 6 encontram-se as médias das variáveis MSPA, TNF, NVP, NGV, PRD
4 e MCG, não havendo diferença entre os tratamentos para nenhuma delas, exceto para TNF.
5 Brito et al (2015) estudando resposta do feijoeiro comum à inoculação com rizóbio e à
6 suplementação com o nitrogênio mineral, na semeadura e em cobertura, observaram que na
7 cultivar Carioca a massa seca da parte aérea (MSPA) em plena floração foi superior nas
8 plantas que receberam N mineral em relação àquelas inoculadas com estirpes comerciais de
9 rizóbio.

10 Os referidos autores comentam que em áreas previamente cultivadas com o
11 feijoeiro o estabelecimento de espécies de rizóbio nativas e eficientes podem ser
12 estabelecidas, resultando em baixas respostas à inoculação com as estirpes comerciais de
13 rizóbio e mesmo à aplicação de N mineral, fato que pode ter ocorrido no presente estudo
14 em que para a maioria das variáveis não se observou resposta aos diferentes tratamentos.
15 Grange e Hungria (2004) mencionam que a presença em solos brasileiros de uma
16 população nativa de rizóbio bem estabelecida e com elevada diversidade é uma das
17 principais limitações para o sucesso da inoculação no feijoeiro comum.

18 Para os autores, aproximadamente 23% dos assimilados produzidos são
19 translocados para os órgãos inferiores, cerca de (45%) para os ramos, sendo a maior parte
20 dirigida para os frutos, mostrando uma correlação positiva entre a massa seca da parte
21 aérea com a produtividade de grão (WIEN et al., 1976, *apud* ANDRADE et al., 2009).
22 Bassan et al. (2001) e Souza et al. (2012) comprovaram que a inoculação resultou em
23 maior massa seca do que a testemunha sem inoculação com *R. tropici* em feijão Pérola. Por
24 outro lado, Veronezi et al. (2012) não verificaram diferenças na massa seca da parte aérea
25 entre os tratamentos com inoculação das sementes de feijão com *R. tropici*, a coinoculação
26 de *R. tropici* e *A. brasilense*, com e sem adição de N mineral, tal como se verificou neste
27 trabalho, enquanto que Peres (2014) observou que a coinoculação possibilitou maior massa
28 seca da parte aérea e não diferiu de *A. brasilense* quando se utilizou a lâmina de irrigação
29 recomendada em feijão de inverno, com aplicação de 75% da lâmina recomendada os
30 tratamentos com *A. brasilense* e *R. tropici* resultaram em maior massa e não diferiram da
31 co-inoculação.

Os tratamentos diferiram para a variável teor de nitrogênio nas folhas (TNF) (Tabela 6), sendo o tratamento com N mineral na sementeira + *Rhizobium* + N em cobertura (T9) o que apresentou a melhor média percentual de teor de N nas folhas, seguido pelos tratamentos T1 (apenas inoculação das sementes com *R. tropici*), T8 (apenas N mineral na sementeira e em cobertura) e T10 (inoculação das sementes com *A. brasilense* + N mineral na sementeira e em cobertura) e dos demais que não diferiram entre si. O T9 foi um dos tratamentos em que as plantas apresentaram maior número de nódulos nas raízes (Tabela 5) podendo, a partir deste fato, inferir sobre a viabilidade dos nódulos e a consequente eficiência dos mesmos na FBN.

Tabela 6. As médias para os caracteres agrônômicos para genótipos de feijoeiro comum. Aquidauana, MS. 2017.

Tratamento	MSPA ¹	TNF ²	NVP ³	NGV ⁴	PRD ⁵	MCG ⁶
T1	5,14	3,94 b	7,60	3,28	1016,60	25,80
T2	5,81	3,61 c	7,75	3,61	1072,60	23,60
T3	5,54	3,61 c	6,85	3,60	1327,38	26,50
T4	6,46	3,50 c	9,00	3,67	1138,00	25,10
T5	6,23	3,46 c	8,90	3,34	1321,22	27,60
T6	6,39	3,53 c	6,65	3,21	1358,64	25,50
T7	7,29	3,45 c	8,60	3,36	1262,20	23,80
T8	6,17	4,10 b	7,80	3,43	1163,76	27,70
T9	6,15	4,68 a	8,85	3,57	1695,20	27,00
T10	7,48	3,98 b	6,40	3,27	1271,62	27,40
T11	5,50	3,79 c	8,55	2,99	1420,90	26,10
T12	6,27	3,68 c	7,50	3,52	1293,92	26,80
Média	6,20	3,78	7,87	3,40	1267,61	26,06

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha pertencem a um mesmo grupo de acordo com o teste de Scott-Knott, no nível de 5% de probabilidade; 1 = massa seca da parte aérea das plantas; 2 = teor de N nas folhas em %; 3 = número de vagens por planta; 4 = número de grãos por vagem; 5 = produtividade de grãos em kg ha⁻¹; 6 = massa de 100 grãos em grama.

O fato do T1 ter se destacado em relação ao teor de nitrogênio nas folhas, de certa forma, ratifica a eficiência do processo de FBN com *R. tropici* na ausência de N mineral no solo e ou com doses baixas que, segundo Pelegrin et al. (2009) e Moura et al. (2009), beneficia o processo de nodulação. Já nos tratamentos T8 e T10 o maior teor de N foliar pode ser atribuído à suplementação de N mineral aplicado em cobertura.

Os resultados para o N foliar divergem dos obtidos por Hungria et al. (2013) que não verificaram diferenças entre a não inoculação, adubação nitrogenada, inoculação sem adubação nitrogenada, inoculação com *A. brasilense*, inoculação com *R. tropici* e co-inoculação em feijoeiro cultivado na estação chuvosa de 2009/10 em Londrina, PR. Corsini

1 (2014) e Souza et al. (2018) também não observaram diferenças para o teor de nitrogênio
2 da parte aérea de feijoeiro entre tratamentos com e sem inoculação de sementes com *R.*
3 *tropici* e diferentes doses de N.

4 Os componentes primários de produção (NVP, NGV e MCG) e a produtividade de
5 grãos do feijoeiro (PRD) no presente estudo não foram influenciados pelos tratamentos.
6 Hawerth et al. (2011) testando seis cultivares de feijão comum e dois níveis de
7 inoculação com *Rhizobium*, no município de Caçador, SC, observaram a ausência de
8 respostas da inoculação nos componentes de produção e na produtividade de grãos no
9 feijoeiro. Os autores mencionaram que a ausência de resposta pode estar relacionada a
10 ocorrência de período de estiagem na região de cultivo no início do desenvolvimento da
11 cultura, determinando maior tempo para o início da emergência das plântulas, diminuindo a
12 eficiência da inoculação.

13 Schossler et al. (2016) avaliando os componentes de rendimento e produtividade do
14 feijoeiro comum submetido à inoculação e coinoculação com estirpes de *R. tropici* e *A.*
15 *brasilense* concluíram que a inoculação com *R. tropici* e *A. brasilense* e a associação de
16 ambos proporcionou maior altura de plantas e número de vagens por planta. A coinoculação
17 com *R. tropici* + *A. brasilense* apresentou a maior massa de mil grãos e as maiores
18 produtividades de grãos foram obtidas com o *R. tropici* e com a associação de *R. tropici* +
19 *A. brasilense*. Souza (2015) realizando estudo semelhante ao de Schossler et al. (2016),
20 mas com enfoque no aspecto econômico, também concluiu que a tecnologia da co-
21 inoculação de *R. tropici* e *A. brasilense* é uma opção para o produtor para substituição
22 parcial e ou total de fontes químicas nitrogenadas para a cultura do feijoeiro-comum.

23 Brito et al. (2015) concluíram que em áreas com cultivos anteriores de feijoeiro
24 comum e com população elevada de rizóbio nativo no solo, a inoculação com estirpes
25 comerciais de rizóbio ou a adubação com 120 kg ha⁻¹ de N mineral não aumentou o
26 rendimento de grãos do feijoeiro, já em área sem cultivo prévio de feijoeiro comum, a
27 inoculação com estirpes comerciais de rizóbio elevou o rendimento de grãos de feijão, em
28 particular quando associada à adubação de cobertura com 40 kg ha⁻¹ de N.

29 Hungria & Vargas (1997) e Soares et al. (2006) esclarecem que as diferentes
30 respostas observadas em diferentes trabalhos com relação à FBN em feijoeiro comum
31 decorrem do fato da simbiose funcional ser dependente de muitos fatores não sequenciais,

1 físicos, ambientais, nutricionais e biológicos, de fatores relacionados à planta (cultivar) e à
2 estirpe, bem como pela interação entre estes.

3 A produtividade média de grãos obtida neste trabalho de 1267,61 kg ha⁻¹ ficou
4 abaixo da produtividade média da cultura no Brasil na safra 2017/2018 (1401,11 kg ha⁻¹) o
5 que pode ser atribuído aos efeitos da estiagem na fase reprodutiva da cultura. Área
6 anteriormente cultivada com feijoeiro, podendo haver a presença de estirpes nativas.

7

1 **4. CONCLUSÕES**

2 Os tratamentos alternativos ao uso do N mineral na cultura do feijoeiro comum,
3 aplicados de forma isolada ou associados à aplicação do N mineral promovem o aumento
4 da nodulação das raízes e do teor de N nas folhas, porém não influenciam os componentes
5 primários da produção e na produtividade de grãos da cultura.

6

7

8

9

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, R. S.; MODA-CIRINO, V.; FARIA, R. T.; VIDAL, L. H. I. Avaliação de linhagens promissoras de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) tolerantes ao déficit hídrico. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 1-14, 2008.

ANDRADE, C. A. B.; SCAPIM, C. A.; BRASSINI, A. L.; MARTORELLI, D. T. Produtividade, crescimento e partição de matéria seca em duas cultivares de feijão. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 4, p. 683-688, 2009.

ARAÚJO, F. F. de; , CARMONA, F. G.; TIRITAN, C. S.; CRESTE, J. E. Fixação biológica de N₂ no feijoeiro submetido a dosagens de inoculante e tratamento químico na semente comparado à adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 29, n. 4, p. 535-540, 2007.

ARAÚJO, F. F. de; MUNHOZ, R. E. V.; HUNGRIA, M. Início da nodulação em sete cultivares de feijoeiro inoculadas com duas estirpes de *Rhizobium*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 6, p. 435-443, 1996.

BARROS, R. L. N.; OLIVEIRA, L. B.; MAGALHÃES, W. B.; MÉDICI, L. O.; PIMENTEL, C. Interação entre inoculação com rizóbio e adubação nitrogenada de plantio na produtividade do feijoeiro nas épocas da seca e das águas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1443-1450. 2013.

BASSAN, D. A. Z.; ARF, O.; BUZETTI, S.; CARVALHO, M. A. C.; SANTOS, N. C. B.; SÁ, M. E. Inoculação de sementes e aplicação de nitrogênio e molibdênio na cultura do feijão de inverno: produção e qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 1, p. 76-83, 2001.

BRITO, L. F. de; PACHECO, R. S.; SOUZA FILHO, B. F. de; FERREIRA, E. P. de B.; STRALIOTTO, R.; ARAÚJO, A. P. Resposta do feijoeiro comum à inoculação com rizóbio e à suplementação com o nitrogênio mineral em dois biomas brasileiros. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 39, p1-12, 2015

CHIBEBA, A. M.; GUIMARÃES, M. F.; BRITO, O. R.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Co-inoculation of soybean with *Bradyrhizobium* and *Azospirillum* promotes early nodulation. **American Journal of Plant Science**, v. 6, n. 10, p.1641-1649, 2015.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileiro de Grãos - V. 3 - SAFRA 2017/18- N. 6 - Terceiro levantamento /dezembro 2018**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/grãos>. Acesso em 09/01/2018.

CORSINI, D. C. D. C. Inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici* e adubação nitrogenada em cobertura em feijoeiro de

1 **inverno irrigado em sistema plantio direto.** 71p. (Dissertação) - Faculdade de
2 Engenharia – UNESP, Campus de Ilha Solteira, SP. 2014.

3
4 COSTA, J. R.; PINHO, J. L. M.; PARRY, M. M. Produção de matéria seca de cultivares de
5 milho sob diferentes níveis de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia**
6 **Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 5, p. 443-450, 2008.

7
8
9 CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and
10 quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 3, p.271-276,
11 2013.

12
13 DARNADELLI, M. S.; CÓRDOBA, F. J. F. de; ESPUNY, M. R.; CARVAJAL, M. A. R.;
14 DÍAZ, M. E. S.; SERRANO, A. M. G.; OKON, Y.; MEGÁS, M. Effect of Azospirillum
15 brasilense coinoculated with Rhizobium on Phaseolus vulgaris flavonoids and nos-factor
16 production under salt stress. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 40, n. 11, p. 2713-
17 2914, 2008.

18
19 DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. **Produção de feijão.** Guaíba: Livraria e Editora
20 Agropecuária, 2000. 385p.

21
22 EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA **Manual de**
23 **métodos de análise de solo.** 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997.
24 (Documentos, 1).

25
26 EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema
27 Brasileiro de Classificação de Solos. 2ª ed. Brasília: Embrapa. 2006.305p.

28
29 FRANÇA, M.G.C.; ARAÚJO, A.P.; PEREYRA, R.O.; RAMOS, F.T. Relações entre
30 crescimento vegetativo e acúmulo de nitrogênio em duas cultivares de arroz com
31 arquiteturas contrastantes. **Acta Botânica Brasílica**, v. 22, n. 1, p. 43-49. 2008.

32
33 FRIGO, G.R. **Feijão-caupi submetido à inoculação com rizóbio e cultivado em**
34 **Latossolo do cerrado Mato-Grossense.** Dissertação (Mestrado em Engenharia agrícola).
35 69f. Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT, Rondonópolis, 2013.

36
37 GARCIA, C. H. **Tabelas para classificação do coeficiente de variação.** Piracicaba: IPEF,
38 1989. 12p. (Circular Técnica, 171).

39
40 GILABEL, A. P. **Co-inoculação de *Rhizobium* e *Azospirillum* e adubação**
41 **nitrogenada na cultura do feijoeiro comum.** 85p. (Dissertação). Faculdade de
42 Ciências Agrônômicas – UNESP, Botucatu, 2018.

43
44 GRANGE, L.; HUNGRIA, M. Genetic diversity of indigenous common bean (*Phaseolus*
45 *vulgaris*) rhizobia in two Brazilian ecosystems. **Soil Biology and Biochemistry.** v.36:
46 p.1389-98. 2004.

47

- 1 HARDARSON, G.; BLISS, F. A.; GIGALES-RIVERO, M. R.; HENSON, R. A.; KIPE-
2 NOLT, J. A.; LONGERI, L.; MANRIQUE, A.; PEÑA-CABRIALES, J. J.; PEREIRA, P.
3 A. A.; SANABRIA, C. A.; TSAI, A. M. Genotypic variation in biological nitrogen fixation
4 by common bean. **Plant and Soil**. Dorcht, v. 15, p. 59-70, 1993.
5
- 6 HAWERROTH, J. F.; CRESTANI, M.; SANTOS, J. C. P. **Desempenho de cultivares de**
7 **feijoeiro sob inoculação com *Rhizobium* e relação entre os caracteres componentes do**
8 **rendimento de grãos**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 32, n. 3, p. 897-908, 2011.
9
- 10 HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **A importância do processo de fixação**
11 **biológica do nitrogênio para a cultura da soja**: componente essencial para a
12 competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80 p. (Documentos,
13 283).
14
- 15 HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M.A.; ARAUJO, R.S. Co-inoculation of soybeans and
16 common beans with rhizobia and azospirilla: strategies to improve sustainability. **Biology**
17 **and Fertility of Soils**, v. 49, n. 7, p. 791–801, 2013.
18
- 19 HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T. Fixação biológica de nitrogênio em feijoeiro. In:
20 HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T.; ARAÚJO, R.S. **Biologia dos solos dos cerrados**.
21 Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1997, 524p.
22
- 23 LIMA, E. R.; GOMES JÚNIOR, F. G.; TARSITANO, M. A. A.; RAPASSI, R. M.A.; SÁ,
24 M. E. Custo de produção e lucratividade do feijão da seca no município de Pereira Barreto.
25 **Cultura Agrônômica**. Ilha Solteira, v. 12, n.2, p. 131-141. 2003.
26
- 27 MELO, L. C.; DEL PELOSO, M. J.; PEREIRA, H. S.; FARIA, L. C.; COSTA, J. G. da.;
28 DIAZ, J. L. C.; RAVA, C. A.; WENDLAND, A.; ABREU, A. DE. F. B. BRS Estilo -
29 Common bean cultivar with Carioca grain, upright growth and high yield potential. **Crop**
30 **Breeding and Applied Biotechnology**. v. 10, p. 377-379, 2010.
31
- 32 MELO, N. C.; Risely Ferraz de ALMEIDA, R. F. de; SILVA, V. F. A.; Raphael Leone da
33 Cruz CRUZ FERREIRA, R. L. da.; VALENTE, G. F. da. Análise multivariada no
34 crescimento e nodulação de feijão caupi com doses de nitrogênio. **Enciclopédia Biosfera**:
35 Centro Científico do Saber, Goiânia, v. 11, n. 21, p. 142-151, 2015.
36
- 37 MERCANTE, F. M.; OTSUBO, A. A.; LAMAS, F. M. Inoculação de *Rhizobium tropici* e
38 aplicação de adubo nitrogenado na cultura do feijoeiro. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE
39 FERTILIDADE DE SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 27; REUNIÃO BRASILEIRA
40 SOBRE MICORRIZAS, 11; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO
41 SOLO, 9.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 6., 2006, Bonito.
42 **Anais...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006.1CD-ROM. (Documentos, 82).
43
- 44 MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed.
45 Lavras: UFLA, 2006. 729 p.
46

- 1 MOURA, J. B. de.; GUARESCHI, R. F.; CORREIA, A. R.; GAZOLLA, P. R.; CABRAL,
2 J. S. R. Produtividade do feijoeiro submetido à adubação nitrogenada e inoculação com
3 *Rhizobium tropici*. **Sol-Gel Science and Technology**., v. 2, n. 3, p. 66-71, 2009.
4
- 5 MUNHOZ, A. T. **Inoculação pré-semeadura de sementes de soja**. 18p. Projeto
6 Técnico. Universidade Federal de Santa Catarina: Curitibanos. 2011.
7
- 8
- 9 OKON, Y.; ITZIGSOHN, R. The development of *Azospirillum* as commercial
10 inoculant for improving crop yields. *Biotechnology Advances*, New York, v.13, n. 3, p.
11 415-424, 1995.
12
- 13 PELEGRIN, R. de.; MERCANTE, F. M.; OTSUBO, I. M. N.; OTSUBO, A. A. Resposta
14 da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. **Revista**
15 **Brasileira de Ciência do Solo**, v.33; p.219-226, 2009.
16
- 17 PERES, A. R. **Co-inoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* em**
18 **feijoeiro cultivado sob duas lâminas de irrigação: produção e qualidade fisiológica de**
19 **sementes**. 71 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista. (UNESP).
20 Campus de Ilha Solteira, 2014.
21
- 22 PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed., Piracicaba: Fealq,
23 2009, 451 p
24
- 25 RAMALHO, M. A. P. Melhoramento do feijoeiro. In: Simpósio sobre atualização em
26 genética e melhoramento de plantas. 1997. Lavras, MG. **Anais...** Lavras UFLA, 1997, p.
27 169-196.
- 28 RODRIGUES, A.C.; ANTUNES, J.E.L.; MEDEIROS, V.V. de; BARROS, B.G. de F.;
29 FIGUEIREDO, M. do V.B. Resposta da co-inoculação de bactérias promotoras de
30 crescimento em plantas e *Bradyrhizobium* sp. em caupi. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 1, p.
31 196-202, 2012.
32
- 33 ROSOLEM, C. A.; FOLONI, J. S. S.; OLIVEIRA, R. H. Dinâmica do nitrogênio no solo
34 em razão da calagem e adubação nitrogenada, com palha na superfície. **Pesquisa**
35 **Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.38, n.2, p.301-309, 2003.
36
- 37 SCHOSSLER, J. H.; MEERT, L.; RIZZARDI, D. A.; MICHALOVICZ, L. Componentes
38 de rendimento e produtividade do feijoeiro comum submetido à inoculação e co-inoculação
39 com estirpes de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*. **Revista scientia agrária**. v.
40 17 n. 1, p. 10 – 15, 2016.
41
- 42 SILVA, D. V. F. **Seleção de linhagens de feijoeiro tipo rosinha resistentes à**
43 **antracnose, à mancha angular e de boa cocção**. 2007. 71p. Dissertação (Mestrado em
44 Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
45

- 1 SILVA, E. F. da; MARCHETTI, M. E.; SOUZA, L. C. F. de.; MERCANTE, F. M.; EDSON
2 RODRIGUES, E. T.; VITORINO, A. C. T. Inoculação do feijoeiro com *Rhizobium tropici*
3 associada à exsudato de mimosa flocculosa com diferentes doses de nitrogênio.
4 **Bragantia**, v. 68, n. 2, p.443-451, 2009.
- 5
- 6 SOARES, A.L.L.; PEREIRA, J.P.A.R.; FERREIRA, P.A.A.; VALE, H.M.M.; LIMA,
7 A.S.; ANDRADE, M.J.B.; MOREIRA, F.M.S. Eficiência agrônômica de rizóbios
8 selecionados e diversidade de populações nativas odulíferas em Perdões (MG). I - Caupi.
9 **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.795-802, 2006.
- 10
- 11 SORATTO, R. P.; ORIVALDO, A. R. F.; RODRIGUES, R. A. F.; BUZETTI, S.; SILVA,
12 T. R. B. Resposta do feijoeiro ao preparo do solo, manejo de água e parcelamento do
13 nitrogênio. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v.25, n. 1, p. 89-96, 2003.
- 14
- 15 SOUZA, D. I.; MOSSINI, F. H.; OLIVEIRA, A. L.; VENTURA, M.; MELO, M. N.V.
16 Coinoculação de *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici* em feijoeiro sob sistema
17 agroecológico. Cadernos de Agroecologia– **Anais...** do VI CLAA, X CBA e V SEMDF –
18 v. 13, n° 1, 2018.
- 19
- 20 SOUZA, E. de F. C. de; SORATTO, R.P.; PAGANI, F. A. Aplicação de nitrogênio e
21 inoculação com rizóbios em feijoeiro cultivado após milho e braquiária. **Pesquisa**
22 **Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 4, p. 370-377, 2011.
- 23
- 24 SOUZA, G. S.; MATOSO, S. C. G.; SILVA, J. B.; PINTAR, A. F. Nodulação e
25 crescimento do feijoeiro Pérola em resposta à aplicação de molibdênio e solução de quefir.
26 In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2., 2012, Colorado do Oeste.
27 **Anais...**Colorado do Oeste: IFECTR, IFRO, 2012. p.1-3.
- 28
- 29 SOUZA, K. G. **Crescimento e nodulação do feijoeiro comum em resposta a**
30 **coinoculação das sementes com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense***. 44p.
31 (Dissertação) Universidade Federal do Acre, Rio Branco. AC. 2014.
- 32
- 33 SOUZA, J. E. B. **Co-inoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* no**
34 **feijoeiro-comum visando aumento de produtividade e redução de custo de produção**.
35 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Solo e Água) – Escola de Agronomia,
36 Universidade Federal de Goiás, 2015.
- 37
- 38 STREETER, J. Inhibition of legume nodule formation and N₂ fixation by nitrate. **Revista**
39 **Plant Science.**, v.7, p.1-23, 1988.
- 40
- 41 VALE, N. M. do; BARILI, L. D.; ROZZETO, D. S.; STINGHIN, J. C.; COIMBRA, J. L.
42 M.; GUIDOLIN, A. F.; KÖOP, M. M.; Avaliação para tolerância ao estresse hídrico em
43 feijão. **Biotemas**, p.135-144, 2012.
- 44
- 45 VERONEZI, S. D. F.; COSTA, M. R.; SILVA, A. T.; MERCANTE, F. M. **Co-inoculação**
46 **de rizóbio e *Azospirillum brasilense* em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)** In:
47 SEMINÁRIO DE AGROECOLOGIA DE MATO GROSSO DO SUL, 4.; ENCONTRO

1 DE PRODUTORES AGROECOLÓGICOS DE MS, 3., 2012, Glória de Dourados. **Anais...**
2 Brasília, DF: Embrapa, 2012.

3

4 WIEN, H. C.; ALTSCHULER, S. L.; OZBUN, J. L.; WALLACE, D. H. 14C-assimilate
5 distribution in *Phaseolus vulgaris* L. during the reproductive period. **Journal of the**
6 **American Society for Horticultural Science**, v. 101, n. 5, p. 510-513, 1976.

7

8