

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

AMANDA RIBEIRO PERES

Co-inoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*
em feijoeiro cultivado sob duas lâminas de irrigação: produção
e qualidade fisiológica de sementes

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Co-inoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*
em feijoeiro cultivado sob duas lâminas de irrigação: produção
e qualidade fisiológica de sementes

AMANDA RIBEIRO PERES

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Antonio Ferreira Rodrigues

Dissertação apresentada à Faculdade de
Engenharia - UNESP – Campus de Ilha Solteira,
para obtenção do título de Mestre em
Agronomia.
Especialidade: Sistemas de Produção

Ilha Solteira
2014

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

P484c Peres, Amanda Ribeiro.
Co-inoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* em feijoeiro cultivado sob duas lâminas de irrigação: produção e qualidade fisiológica de sementes / Amanda Ribeiro Peres. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2014
71 f.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2014

Orientador: Ricardo Antonio Ferreira Rodrigues
Inclui bibliografia

1. *Phaseolus vulgaris* L.. 2. Nitrogênio. 3. Fixação biológica de N₂. 4. Bactéria promotora de crescimento. 5. Água.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Co-inoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* em feijoeiro cultivado sob duas lâminas de irrigação: produção e qualidade fisiológica de sementes

AUTORA: AMANDA RIBEIRO PERES

ORIENTADOR: Prof. Dr. RICARDO ANTONIO FERREIRA RODRIGUES

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA ,
Área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. RICARDO ANTONIO FERREIRA RODRIGUES
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. ORIVALDO ARF
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Profa. Dra. GISELE HERBST VAZQUEZ
Departamento de Produção Vegetal / Universidade Camilo Castelo Branco

Data da realização: 21 de fevereiro de 2014.

DEDICO

Ao meu pai Mário Antonio Peres e
minha mãe Reni de Lourdes Ribeiro Peres,
pelo exemplo de vida, honestidade,
determinação, amor e apoio incondicional nesta
e em todas as outras etapas da minha vida.

A minha irmã Anelise Ribeiro Peres,
pela amizade e incentivo.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por estar sempre ao meu lado, dando-me saúde e determinação para que eu conseguisse concluir mais uma etapa em minha vida.

Aos meus pais e irmã, que sempre me apoiaram, motivaram, e acreditaram, tanto nas horas difíceis, quanto nas alegrias.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, Campus de Ilha Solteira, pela estrutura física e oportunidade de realização deste trabalho.

Aos professores, pelos ensinamentos ministrados e contribuição fundamental na minha formação profissional. Em especial, ao meu orientador Prof^o Dr^o Ricardo Antonio Ferreira Rodrigues, por ter me aceitado como orientada, pela sua paciência, e orientação na condução deste trabalho.

Ao Prof^o Dr^o Orivaldo Arf, pela ajuda na instalação do experimento e por ceder material para a realização do mesmo.

Aos funcionários da seção de Pós-Graduação da FEIS/UNESP.

As minhas amigas Daiene, Aline e Graciele, e ao meu namorado José R. Portugal, pela ajuda na condução e avaliação de vários experimentos.

Aos funcionários do laboratório de Análise de Sementes, do laboratório de Análise de Plantas do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia, e da Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão, pelo auxílio, amizade e dedicação.

RESUMO

A produtividade média de feijão no Brasil é baixa. Alternativas que possam aumentar a produtividade de forma sustentável devem ser preconizadas, tais como a redução do uso de fertilizantes nitrogenados pela adoção da fixação biológica de nitrogênio. Neste cenário, uma técnica alternativa de co-inoculação ou também denominada de inoculação mista com bactérias simbióticas e assimbióticas tem sido estudada em leguminosas, no entanto existem poucos estudos em campo com feijoeiro e sobre a influência da quantidade de água irrigada. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência da inoculação e co-inoculação de feijão com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* sob duas lâminas de irrigação na produção e qualidade fisiológica de sementes. O experimento foi desenvolvido no período de outono/inverno dos anos de 2012 e 2013, no município de Selvíria-MS. O delineamento experimental foi de blocos casualizados em esquema fatorial 5x2, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de cinco formas de fornecimento de nitrogênio (testemunha sem inoculação com 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura; testemunha sem inoculação com 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura; inoculação de *A. brasilense* com 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura; inoculação de *R. tropici* com 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura; e co-inoculação de *A. brasilense* e *R. tropici* com 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura) e duas lâminas irrigação (recomendada e 75% da recomendada). A aplicação de nitrogênio em cobertura foi realizada utilizando a ureia. Concluiu-se que a co-inoculação, a inoculação de *R. tropici*, a inoculação de *A. brasilense* associadas a 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura e a testemunha sem inoculação com aplicação de 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura não proporcionam acréscimos de produtividade em relação a testemunha não inoculada com 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura. Considerando as condições de desenvolvimento do experimento, a utilização de 75% da lâmina recomendada proporciona produtividade semelhante ou maior do que a lâmina recomendada em feijoeiro de outono/inverno. Obtém-se boa qualidade fisiológica de sementes com a aplicação de 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura e com 75% da lâmina recomendada.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L. Nitrogênio. Fixação biológica de N₂. Bactéria promotora de crescimento. Água.

ABSTRACT

The average yield of beans in Brazil is low. Alternatives that can increase yield in a sustainable manner should be preconized, such as reducing the use of nitrogen fertilizers through the adoption of biological nitrogen fixation. In this scenario, an alternative technique of co-inoculation or also called the mixed inoculation with symbiotic and non-symbiotic bacteria has been studied in leguminous, however there are few studies in field with common bean under the influence of the amount of water irrigated. Thus the objective of this study was to evaluate the efficiency of inoculation and co-inoculation of common bean with *Rhizobium tropici* and *Azospirillum brasilense* under two irrigation depths on production and physiological seed quality. The experiment was performed in the fall/winter of the years 2012 and 2013, in Selviria-MS. A randomized block design in a 5x2 factorial scheme with four repetitions was used. The treatments were constituted by the combination of five forms of nitrogen supply (control non-inoculated with 40 kg ha⁻¹ of nitrogen in topdressing; control non-inoculated with 80 kg ha⁻¹ of N in topdressing; *A. brasilense* inoculation with 40 kg ha⁻¹ of N in topdressing; *R. tropici* inoculation with 40 kg ha⁻¹ of N in topdressing; and co-inoculation of *A. brasilense* and *R. tropici* with 40 kg ha⁻¹ of N in topdressing) and two irrigation depths (recommended and 75% of the recommended). Was concluded that the co-inoculation, the inoculation of *R. tropici*, the inoculation of *A. brasilense* associated with 40 kg ha⁻¹ of nitrogen in topdressing and the control non-inoculation with application of 80 kg ha⁻¹ of N topdressing not increase of grain yield compared to control non-inoculation with 40 kg ha⁻¹ of nitrogen in topdressing. Considering the development conditions of the experiment, the use of 75% of the recommended irrigation depth provides similar or greater grain yield than the recommended irrigation depth in common bean cultivated in fall/winter. Good physiological seed quality is obtained with the application of 40 kg ha⁻¹ of N in topdressing and with 75% of the recommended irrigation depth.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L. Nitrogen. N₂ biological fixation. Plant growth-promoting bacteria. Water.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 -** Dez maiores produtores mundiais de feijão em 2012..... 16
- Figura 2 -** Temperatura máxima, mínima e precipitação pluviométrica por decênio, registrado durante a condução do experimento em 2012 e 2013. Selvíria, MS..... 34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Análise química do solo da área experimental na camada de 0,00 a 0,20 m. Selvíria-MS, 2012.....	33
Tabela 2 -	Valores de coeficiente da cultura (Kc) utilizados nas diferentes fases de desenvolvimento do feijoeiro de acordo com as lâminas de água aplicadas por aspersão.....	37
Tabela 3 -	População final (PF), massa seca da parte aérea (MSPA) e teor de nitrogênio foliar (N) de feijão Pérola em função da forma de fornecimento de nitrogênio e lâminas de irrigação. Selvíria-MS, 2012 e 2013.....	43
Tabela 4 -	Desdobramento das interações significativas entre forma de fornecimento de nitrogênio e lâmina de irrigação para massa seca da parte aérea em 2012, teor de nitrogênio foliar em 2012 e teor de nitrogênio foliar em 2013 de feijoeiro cultivar Pérola. Selvíria-MS, 2012 e 2013.....	44
Tabela 5 -	Massa seca de raiz (MSR), número de nódulos (NN) e massa seca dos nódulos (MSN) de feijão Pérola em função da forma de fornecimento de nitrogênio e lâminas de irrigação. Selvíria-MS, 2012 e 2013.....	46
Tabela 6 -	Desdobramento das interações significativas entre forma de fornecimento de nitrogênio e lâmina de irrigação para massa seca de raiz em 2012 e 2013 de feijoeiro cultivar Pérola. Selvíria-MS, 2012 e 2013.....	47
Tabela 7 -	Número de vagens por planta (NV), número de sementes por planta (NS) e número de sementes por vagem (NSV) de feijão Pérola em função da forma de fornecimento de nitrogênio e lâminas de irrigação. Selvíria-MS, 2012 e 2013.....	49
Tabela 8 -	Massa de cem sementes (M100) e produtividade (PR) de feijão Pérola em função da forma de fornecimento de nitrogênio e lâminas de irrigação. Selvíria-MS, 2012 e 2013.....	51
Tabela 9 -	Teor de água (TA) e teor de água após o envelhecimento acelerado (TAEA) de sementes de feijoeiro cultivar Pérola oriundas do cultivo com diferentes formas de fornecimento de nitrogênio e lâminas de irrigação. Ilha Solteira-SP, 2012 e 2013.....	53
Tabela 10 -	Germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG) e emergência em campo (E) de sementes de feijoeiro cultivar Pérola oriundas do cultivo com diferentes formas de fornecimento de nitrogênio e lâminas de irrigação. Ilha Solteira-SP, 2012 e 2013.....	54

Tabela 11 -	Teste de envelhecimento acelerado (EA) e condutividade elétrica (CE) de sementes de feijoeiro cultivar Pérola oriundas do cultivo com diferentes formas de fornecimento de nitrogênio e lâminas de irrigação. Ilha Solteira-SP, 2012 e 2013.....	55
Tabela 12 -	Desdobramento das interações significativas entre forma de fornecimento de nitrogênio e lâmina de irrigação para condutividade elétrica em 2012 e 2013 de sementes de feijoeiro cultivar Pérola. Ilha Solteira-SP, 2012 e 2013.....	56
Tabela 13 -	Comprimento de plântulas (CP) e massa seca de plântulas (MS) de sementes de feijoeiro cultivar Pérola oriundas do cultivo com diferentes formas de fornecimento de nitrogênio e lâminas de irrigação. Ilha Solteira-SP, 2012 e 2013.....	57
Tabela 14 -	Desdobramento das interações significativas entre forma de fornecimento de nitrogênio e lâmina de irrigação para comprimento de plântulas em 2012 e 2013 de sementes de feijoeiro cultivar Pérola. Ilha Solteira-SP, 2012 e 2013.....	58
Tabela 15 -	Desdobramento das interações significativas entre forma de fornecimento de nitrogênio e lâmina de irrigação para massa seca de plântulas em 2012 e 2013 de sementes de feijoeiro cultivar Pérola. Ilha Solteira-SP, 2012 e 2013.....	59

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1	Importância do feijão	15
2.2	Nitrogênio em feijoeiro	17
2.3	Fixação biológica de nitrogênio pelo feijoeiro	19
2.4	<i>Azospirillum brasilense</i>	23
2.5	Co-inoculação com rizóbio e <i>Azospirillum</i>	25
2.5	Irrigação do feijoeiro.....	28
2.6	Qualidade fisiológica de sementes	30
3	MATERIAL E MÉTODOS	33
3.1	Caracterização da área experimental.....	33
3.2	Clima.....	33
3.3	Tratamentos e delineamento experimental.....	34
3.4	Instalação e condução do experimento	35
3.5	Irrigação	36
3.6	Avaliações.....	37
3.6.1	PRODUÇÃO	37
3.6.1.1	<i>População final de plantas</i>	37
3.6.1.2	<i>Número de nódulos, massa seca dos nódulos e massa seca de raiz</i>	37
3.6.1.3	<i>Massa seca da parte aérea e teor de nitrogênio foliar</i>	37
3.6.1.4	<i>Componentes de produção</i>	38
3.6.1.5	<i>Produtividade</i>	38
3.6.2	QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES.....	39
3.6.2.1	<i>Teor de água</i>	39
3.6.2.2	<i>Germinação</i>	39
3.6.2.3	<i>Primeira Contagem de Germinação</i>	39
3.6.2.4	<i>Emergência em campo</i>	39
3.6.2.5	<i>Envelhecimento Acelerado</i>	40
3.6.2.6	<i>Condutividade elétrica</i>	40

3.6.2.7	<i>Comprimento de Plântula</i>	40
3.6.2.8	<i>Massa seca de plântulas</i>	41
3.7	Análise estatística	41
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1	Produção	42
4.1.1	POPULAÇÃO FINAL, MASSA SECA DA PARTE AÉREA E TEOR DE NITROGÊNIO FOLIAR.....	42
4.1.2	MASSA SECA DA RAIZ, NÚMERO DE NÓDULOS E MASSA SECA DOS NÓDULOS.....	45
4.1.3	NÚMERO DE VAGENS, NÚMERO DE SEMENTES E NÚMERO DE SEMENTES POR VAGEM.....	48
4.1.4	MASSA DE CEM SEMENTES E PRODUTIVIDADE.....	50
4.2	Qualidade fisiológica de sementes	52
4.2.1	TEOR DE ÁGUA ANTES E APÓS O ENVELHECIMENTO ACELERADO	52
4.2.2	GERMINAÇÃO, PRIMEIRA CONTAGEM DE GERMINAÇÃO E EMERGÊNCIA.....	53
4.2.3	ENVELHECIMENTO ACELERADO E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA	54
4.2.4	COMPRIMENTO E MASSA SECA DE PLÂNTULAS	57
5	CONCLUSÕES	60
	REFERÊNCIAS	61

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor de feijão do mundo, superado apenas por Myanmar e Índia (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO, 2012). Porém, apesar de se destacar entre os países do mundo, apresenta produtividade média relativamente baixa. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento - Conab (2013) na safra 2012/2013 a produtividade média brasileira foi de 910 kg de feijão por hectare.

Uma das razões dessa baixa produtividade é que a maior parte do feijão produzido no Brasil é proveniente da agricultura familiar, que é responsável por aproximadamente 60% da produção nacional. Assim, o setor não é muito especializado (COMISSÃO TÉCNICA SUL-BRASILEIRA DE FEIJÃO- CTSBF, 2012), já que é formado por pequenas propriedades que fazem pouca utilização de insumos agrícolas e de tecnologias, aliado também a ausência de assistência técnica.

Um dos insumos agrícolas muito importante para o feijoeiro obter elevadas produtividades é o fertilizante nitrogenado. No entanto, apesar dos fertilizantes nitrogenados serem a forma assimilada com maior rapidez pelas plantas, apresentam custo elevado; alto gasto de fontes energéticas na sua fabricação, em que para cada tonelada de amônia sintetizada necessita-se de aproximadamente seis barris de petróleo; baixa eficiência de sua utilização pelas plantas, raramente ultrapassando 50%; além de estarem altamente relacionados à poluição ambiental (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2007).

Dessa forma, existe um grande interesse em alternativas que visem a redução na aplicação de insumos nas áreas de produção agrícola. Uma alternativa para a redução da necessidade de fertilizantes nitrogenados é a fixação biológica de nitrogênio, que é realizada por um grupo restrito de bactérias denominadas diazotróficas (REIS, 2007).

Atualmente, o inoculante comercial para o feijoeiro no Brasil é produzido com uma espécie de rizóbio adaptada aos solos tropicais, o *Rhizobium tropici* (STRALIOTTO, 2002), que consegue fixar de 20 a 30% do nitrogênio que a planta necessita através da fixação biológica (MALAVOLTA, 1987) podendo contribuir com 20 a 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio (FANCELLI; DOURADO NETO, 2007).

Além dos rizóbios específicos para as leguminosas, existem outros microrganismos que podem trazer grandes benefícios as culturas. Um dos grupos mais promissores é representado por bactérias associativas capazes de promover o crescimento das plantas por meio de vários processos, como a produção de hormônios de crescimento e a capacidade de

realizar fixação biológica do nitrogênio, entre outros. Dentre essas bactérias destacam-se as pertencentes ao gênero *Azospirillum* (CASSÁN et al., 2008; HUNGRIA; NOGUEIRA, 2013).

Neste cenário, uma técnica alternativa de co-inoculação ou também denominada de inoculação mista com bactérias simbióticas e assimbióticas tem sido estudada em leguminosas. Essa técnica consiste na utilização de combinações de diferentes microrganismos, os quais produzem efeito sinérgico, em que se superam os resultados produtivos obtidos quando utilizados na forma isolada (FERLINI, 2006; BÁRBARO et al., 2008). Nos casos onde se tem utilizado *Azospirillum brasilense* em leguminosas, o efeito benéfico da associação com rizóbio se deve, na maior parte, a capacidade que a bactéria tem de produzir fitormônios, que resulta em maior desenvolvimento do sistema radicular, e, portanto, a possibilidade de explorar um volume mais amplo de solo (BÁRBARO et al., 2008).

Além do nitrogênio, a produtividade do feijoeiro é bastante afetada pela condição hídrica do solo. Deficiência ou excesso de água nos diferentes estádios da cultura causa redução na produtividade em diferentes proporções (PAULA JÚNIOR et al., 2008). A escassez de água também compromete o desenvolvimento e função da simbiose (HUNGRIA; VARGAS, 2000) e prejudica a absorção de nutrientes.

A qualidade fisiológica de sementes é influenciada por diversos fatores durante a produção, os principais são: condições climáticas (temperatura e água), nutrientes e intensidade luminosa (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Dentre os nutrientes, o nitrogênio tem ação mais visível e pronunciada (MARCOS FILHO, 2005).

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência da inoculação e co-inoculação de feijão com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* sob duas lâminas de irrigação na produção e qualidade fisiológica de sementes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância do feijão

O feijão é uma importante fonte de proteínas na dieta humana em países em desenvolvimento, responsáveis por 86,7% do consumo mundial. O consumo de feijão no continente americano é cerca de 43,2% do consumo mundial, seguido por Ásia (34,5%), África (18,5%), Europa (3,7%) e Oceania (0,1%) (WANDER, 2005).

O feijão é um dos mais importantes componentes da dieta alimentar do povo brasileiro, por apresentar alto conteúdo de proteína (aproximadamente 25%), além de possuir bom conteúdo de carboidratos, vitaminas, minerais, fibras, compostos fenólicos com ação antioxidante que podem reduzir a incidência de doenças (ABREU, 2005) e ser rico em ferro (BORÉM; CARNEIRO, 2006).

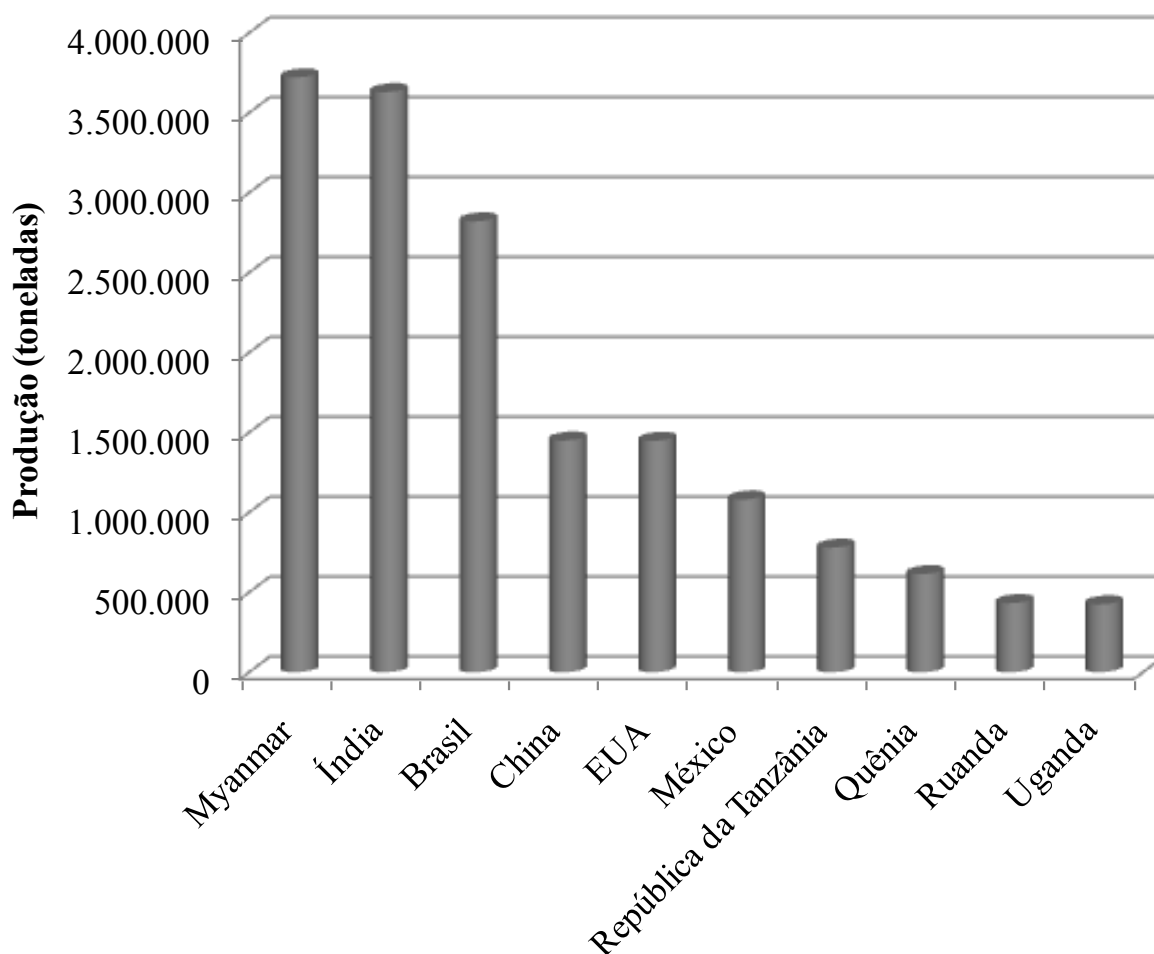
O Brasil é o terceiro maior produtor de feijão do mundo, superado apenas por Myanmar e Índia (Figura 1) (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO, 2012). Porém, apesar de se destacar entre os países do mundo, apresenta produtividade média relativamente baixa. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento-Conab (2013) na safra 2012/13 a produtividade média brasileira foi de 910 kg de feijão por hectare.

Uma das razões dessa baixa produtividade é que a maior parte do feijão produzido no Brasil é proveniente da agricultura familiar, que é responsável por aproximadamente 60% da produção nacional. Assim, o setor não é muito especializado (COMISSÃO TÉCNICA SUL-BRASILEIRA DE FEIJÃO-CTSBF, 2012), já que é formado por pequenas propriedades que fazem pouca utilização de insumos agrícolas e de alta tecnologia, aliado também a ausência de assistência técnica.

O Brasil não produz o suficiente para o seu consumo, necessitando realizar importação. Na safra 2011/12, importou 220 mil toneladas, principalmente da Argentina, China e Bolívia (CONAB, 2012).

A maior região produtora de feijão do país é a sudeste, com destaque para o estado de Minas Gerais. O maior estado produtor é o Paraná, sendo responsável por aproximadamente 21% da produção brasileira. O segundo estado maior produtor de feijão é Minas Gerais e o terceiro São Paulo (CONAB, 2012).

Figura 1. Produção mundial média de feijão em 2012



Fonte: Food and Agriculture Organization- FAO (2012).

Como se sabe, o Brasil produz feijão praticamente durante o ano todo, já que a semeadura pode ser feita em três épocas: a primeira, conhecida como “safra das águas” é realizada de agosto a dezembro e concentra-se na Região Sul; a segunda safra ou “safra da seca”, abrange todo o país e ocorre de janeiro a abril; a terceira safra ou “safra de inverno”, concentra-se mais no Centro-Oeste e ocorre entre os meses de maio e agosto, dependendo do estado (MOREIRA; STONE; BIAVA, 2003).

Os cultivos “das águas” e “da seca”, apesar da participação significativa no montante da produção e da grande área cultivada, apresentam produtividade média baixa (850 kg por hectare). O cultivo de inverno obtém-se maior produtividade e a área de cultivo aproximadamente 10% da área total ocupada com feijoeiro (MOREIRA; STONE; BIAVA, 2003).

Na safra 2012/13, a área total ocupada por feijão foi de 3.113,2 mil ha, sendo que para a primeira safra foi de 1.127,2 mil ha, segunda safra de 1.299,9 mil ha e terceira safra de 686,1 mil ha. A produção total das três safras foi 2.832,4 mil toneladas. A produtividade média da primeira, segunda e terceira safra foi de 856, 851 e 1.009 kg ha⁻¹ respectivamente (CONAB, 2013).

2.2 Nitrogênio em feijoeiro

O feijoeiro é considerado uma planta exigente em nutrientes, devido ao pequeno e pouco profundo sistema radicular e ao ciclo curto, sendo fundamental que o nutriente seja colocado à disposição da planta em tempo e local adequados (ROSOLEM; MARUBAYASHI, 1994). Dentre os nutrientes exigidos pelo feijoeiro, o nitrogênio é o mais absorvido (OLIVEIRA; FAGERIA, 2003; VIEIRA, 2006) e desempenha diversas funções na planta.

Nas plantas em geral, o nitrogênio é constituinte de muitos componentes da célula vegetal, como aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos (TAIZ; ZEIGER, 2013). Além disso, participa dos processos de absorção iônica, fotossíntese, respiração, sínteses, multiplicação e diferenciação celular e estimula o crescimento de raízes e a formação e o desenvolvimento de gemas floríferas e frutíferas (GRASSI FILHO, 2010). Portanto, a deficiência de nitrogênio rapidamente inibe o crescimento vegetal (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O fornecimento adequado de nitrogênio para o feijão está associado à alta atividade fotossintética, ao crescimento vegetativo vigoroso e folhas verde-escuras. Sua deficiência ocasiona pequeno desenvolvimento das plantas, as folhas ficam verde-pálidas ou amareladas e poucas flores desenvolvem-se (VIEIRA, 2006).

A aplicação de fertilizantes nitrogenados no feijoeiro pode ser realizada para aumentar a produtividade e, ainda, como alternativa para elevar o teor protéico dos grãos colhidos, melhorando o seu valor nutritivo (ARF, 1994).

Para a adubação nitrogenada do feijoeiro geralmente recomenda-se de 20 a 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N) na sementeira e de 20 a 60 kg ha⁻¹ de N em cobertura, entre 20 e 30 dias após a emergência das plantas. No entanto, para os cultivos irrigados, de alta produtividade, tem-se verificado resposta a doses de N maiores que 120 kg ha⁻¹ (OLIVEIRA; FAGERIA, 2003). De acordo com Silva, Stone e Moreira (2002), o feijoeiro cultivado sob irrigação no

sistema convencional de preparo de solo, tem respondido a altas doses de nitrogênio no cerrado brasileiro.

Diversos trabalhos de pesquisa foram realizados testando doses de nitrogênio no feijoeiro, e mostram efeitos positivos ao incremento da dose. Meira et al. (2005) ao realizar experimento no sistema plantio direto em feijoeiro irrigado, com as doses de 0, 40, 80, 120, 160, 200 e 240 kg ha⁻¹ de N aplicados em cobertura, concluíram que a máxima produtividade de grãos foi obtida com 164 kg ha⁻¹ de N, independentemente do estágio de desenvolvimento em que foi aplicado. Já Valderrama et al. (2009) observaram que houve efeito linear crescente na produtividade do feijoeiro em plantio direto com o aumento da dose de nitrogênio, sendo que a maior dose (120 kg ha⁻¹ de N) incrementou em 14,5% (293 kg ha⁻¹ de grãos) em relação a dose zero. Stone e Moreira (2001) relataram que a maior dose aplicada (120 kg ha⁻¹) não foi suficiente para obter a produtividade máxima e, pela equação quadrática ajustada, a produtividade máxima seria alcançada com 137 kg ha⁻¹ de N. Soratto, Carvalho e Arf (2004) observaram efeito significativo da interação sistema de preparo de solo e doses de nitrogênio, em que no sistema de preparo convencional, a produtividade máxima foi obtida com a dose estimada de 129 kg ha⁻¹ de N em cobertura, enquanto no sistema de plantio direto, a dose estimada foi de 182 kg ha⁻¹ de N. Crusciol et al. (2007) ao avaliar as doses de 0, 30, 60 e 120 kg ha⁻¹ de N em cobertura, concluíram que a adubação nitrogenada proporcionou aumento da produtividade do feijoeiro cultivado sob sistema plantio direto, em sucessão a aveia-preta, até a dose estimada de 95 kg ha⁻¹ de ureia. Carvalho et al. (2003) testando doses de N (0, 35, 70, 105 e 140 kg ha⁻¹ de N), relataram que a produtividade máxima seria alcançada com a dose superior a 140 kg ha⁻¹ de nitrogênio em feijoeiro sob semeadura direta. A cultura responde à aplicação de doses de nitrogênio acima de 100 kg ha⁻¹ (ALVAREZ et al., 2005).

Por outro lado, alguns experimentos não apresentaram diferenças na produtividade com aumento da quantidade de nitrogênio aplicada. Rapassi et al. (2003), não obtiveram diferenças na produtividade do feijoeiro irrigado ao utilizar as doses de 0, 20, 40, 60, 80 e 100 kg ha⁻¹ de N tanto no sistema de plantio direto como no preparo convencional. Arf et al. (1991), não observaram efeito significativo das doses de nitrogênio em relação ao número de vagens por planta, sementes por vagem, sementes por planta e produtividade de grãos. Souza, Soratto e Pagani (2011) verificaram que a produtividade é pouco influenciada pela adubação nitrogenada. Arf et al. (2004) ao utilizar as doses de 0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de N aplicados em cobertura, também concluíram que a adubação nitrogenada em cobertura não afeta a produtividade de grãos do feijoeiro irrigado por aspersão.

Os resultados de pesquisa são contraditórios e mostram que a dinâmica de nitrogênio para o feijoeiro é bastante complexa. Os resultados podem variar em função de fatores como, cultura anterior, sistema de cultivo, irrigação, existência de rizóbios nativos no solo que podem fixar nitrogênio e contribuir com o fornecimento de nitrogênio, entre outros.

2.3 Fixação biológica de nitrogênio pelo feijoeiro

A fixação biológica de N (FBN) representa a forma mais importante de fixar o nitrogênio atmosférico (N_2) em amônio e o ponto-chave do ingresso do N molecular no ciclo biogeoquímico desse elemento (TAIZ; ZEIGER, 2013). Como os gases atmosféricos também se difundem para o espaço poroso do solo, o N_2 consegue ser aproveitado pelos microrganismos que o habitam devido à ação da enzima denominada nitrogenase, que é capaz de romper a tripla ligação do N_2 e reduzi-lo a amônia (a mesma forma obtida pelo processo industrial) (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2001).

Essa reação de fixação biológica de nitrogênio atmosférico é realizada por microrganismos procarióticos conhecidos como diazotróficos, que podem ser de vida livre, estar associados a espécies vegetais ou, estabelecer simbiose com leguminosas (MOREIRA et al., 2010). Na associação com leguminosas, a bactéria é denominada de rizóbio, tendo como característica principal a capacidade de interação com o sistema radicular da planta hospedeira por meio do desenvolvimento de estruturas altamente especializadas, o nódulo radicular, local onde ocorre a fixação biológica de nitrogênio. Essa interação representa uma simbiose, ou, mais especificamente, uma interação mutualística, já que a bactéria se beneficia do suprimento de fotossintatos ou carbono orgânico fornecidos pela planta hospedeira, enquanto a planta recebe o nitrogênio fixado pelo rizóbio na forma amoniacal, transformando-o em compostos nitrogenados que podem ser translocados para suas diferentes partes (CASSINI; FRANCO, 2006).

A nodulação é um processo complexo, iniciando-se logo após a germinação, com a presença do rizóbio no solo ou aderido a semente, e envolve três etapas principais: pré-infecção; infecção e desenvolvimento nodular; e ativação e funcionamento do nódulo (CASSINI; FRANCO, 2006). Na pré-infecção, o rizóbio é atraído até as raízes da planta hospedeira através de diferentes substâncias exsudadas pelas raízes, como carboidratos, aminoácidos, além de compostos fenólicos (flavonóides) que compõem um gradiente químico na rizosfera, resultando na atração da bactéria até a superfície radicular, fenômeno conhecido como quimiotaxia (STRALIOTTO; TEIXEIRA; MERCANTE, 2002). Essas substâncias

atuam na bactéria ativando os genes específicos (genes nod) da nodulação presentes no plasmídeo do rizóbio do feijoeiro. Após essa ativação, o rizóbio começa a produzir uma série de compostos denominados *fatores nod*, que interagem com os pêlos radiculares, modificando sua estrutura e morfologia, induzindo um curvamento e adequando-os para a adesão das células de rizóbios. Depois dessa adesão inicial, o rizóbio dissolve a parede celular do pêlo absorvente modificado, e consegue penetrar até as células corticais e formar uma estrutura especial chamada de cordão de infecção, sendo que no interior dessa estrutura, multiplicam-se as células do rizóbio. Ao atingir a região cortical, o rizóbio passa para o interior das células corticais, adaptando-se à sua nova função de fixação de nitrogênio, e é denominado de bacteróide. Após essa série de eventos, a estrutura nodular formada está apta a funcionar como um verdadeiro órgão de fixação de nitrogênio; sendo que, a fixação no feijão ocorre de 15 a 20 dias após a emergência das plantas (CASSINI; FRANCO, 2006).

Atualmente, o inoculante comercial para o feijoeiro no Brasil é produzido com uma espécie de rizóbio adaptada aos solos tropicais, o *Rhizobium tropici*, que é resistente a altas temperaturas, acidez do solo e ainda é altamente competitiva, já que, em condições de cultivo favoráveis é capaz de formar a maioria dos nódulos da planta, predominando sobre a população de rizóbio presente no solo (STRALIOTTO, 2002).

Rhizobium tropici são bactérias gram-negativas, aeróbicas, o pH ótimo para o crescimento é de 5 a 7, a temperatura para o crescimento é até 40°C e, apresenta habilidade de nodular leguminosas como o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) e a leucena (*Leucaena leucocephala*) (MARTINEZ-ROMERO et al., 1991). Existem estirpes de *R. tropici* com alto desempenho em fixação biológica de nitrogênio, selecionadas para as condições edafoclimáticas brasileiras, aprovadas pelo MAPA para a produção de inoculantes comerciais no Brasil e disponíveis para o agricultor se favorecer do processo de fixação biológica do nitrogênio (HUNGRIA; MENDES; MERCANTE, 2013). As estirpes recomendadas e aprovadas pelo MAPA para inoculação do feijoeiro no Brasil são SEMIA 4077 (=CIAT 899), SEMIA 4080 (=PRF 81) e SEMIA 4088 (=H 12) (BARBOSA; GONZAGA, 2012).

De acordo com a Stralio, Teixeira e Mercante (2003) a inoculação de bactérias do grupo dos rizóbios, capazes de fixar o nitrogênio atmosférico e fornecê-lo à planta, é uma alternativa que pode substituir, mesmo que em parte, a adubação nitrogenada no feijoeiro, resultando em benefícios ao pequeno produtor.

Apesar do feijoeiro ser considerado pouco eficiente na fixação biológica de nitrogênio, resultados de pesquisa obtidos de condições de campo, indicam que é possível que a planta se beneficie da inoculação com rizóbio e atinja níveis de produtividade entre 1500 e 2000 kg

ha⁻¹. Ainda, a suplementação com adubo nitrogenado no florescimento permite que supere 3000 kg ha⁻¹ (STRALIOTTO, 2003).

De acordo com Malavolta (1987), o feijoeiro consegue fixar de 20 a 30% do nitrogênio que necessita através da fixação biológica, podendo contribuir com 20 a 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio (FANCELLI; DOURADO NETO, 2007).

Acredita-se que a fixação biológica de nitrogênio nem sempre consegue suprir todo o nitrogênio necessário para o feijoeiro obter altos rendimentos devido à falta de carboidratos para suportar altas taxas de fixação de nitrogênio após o início da floração, momento em que a planta tem maior exigência de nitrogênio para suportar as altas taxas de crescimento de vagens e grãos. Nessa fase, toda a atividade metabólica da planta é direcionada para as vagens e os grãos em crescimento e, conseqüentemente, não há fornecimento adequado de carboidratos para suportar a fixação biológica de nitrogênio (MOREIRA; STONE; BIAVA, 2003).

Observa-se grande variabilidade nas respostas obtidas com a inoculação do feijoeiro. Alguns fatores concorrem para essa ampla variação, como: existência generalizada e diversificada de rizóbios nativos nos solos, que interagem diferencialmente com os diversos cultivares utilizados, acarretando uma variabilidade da resposta à nodulação e à fixação biológica de nitrogênio (FBN); persistência de fatores ambientais limitantes da FBN, como temperatura-umidade, acidez e deficiências nutricionais, especialmente de P e Mo, afetando negativamente tanto o rizóbio quanto a planta hospedeira; competição entre as estirpes nativas de rizóbio e aquelas presentes nos inoculantes, com nítidas vantagens adaptativas para as primeiras; diversidade dos cultivares de feijão utilizados; e utilização ou manejo inadequado dos adubos nitrogenados e sua ação negativa sobre a nodulação e a FBN (CASSINI; FRANCO, 2006).

De acordo com Mnasri, Aouani e Mhamdi (2007), a deficiência de água interfere no processo de simbiose, afetando a nodulação e fixação biológica de nitrogênio por rizóbio em feijoeiro. Ramos et al. (2003) ao estudar o efeito do estresse hídrico em feijoeiro cultivar carioca, relataram que houve menor massa fresca dos nódulos (redução de 52% com cinco dias de estresse e 60% com 8 dias de estresse), massa seca dos nódulos (decréscimo de 33% com cinco dias de estresse e de 35% com oito dias de estresse) e atividade específica da nitrogenase.

A FBN é alterada pelo amônio, pois a enzima nitrogenase, que é a responsável pela redução do N₂ é inativada quando submetida a sua presença (RUDNIK et al., 1997). Em áreas não perturbadas, com vegetação clímax, a fixação de nitrogênio é pouco estimulada, visto que

a ciclagem eficiente garante a manutenção do metabolismo e da taxa de crescimento, porém, em áreas degradadas em solos e substratos pobres ou desprovidos de matéria orgânica como os de áreas mineradas, ela pode ser estimulada (MOREIRA et al., 2010).

As respostas do feijoeiro a inoculação de rizóbio são divergentes. Hungria, Campo e Mendes (2003) verificaram que a inoculação de feijão com *R. tropici* estirpe SEMIA 4080 e estirpe CIAT 899 (SEMIA 4077) aumentou a massa seca dos nódulos, e resultou maiores taxas de fixação de nitrogênio. Além disso, a inoculação com as duas estirpes, também aumentou o rendimento em relação à população indígena, e os rendimentos obtidos por inoculação foram comparáveis ao da testemunha que recebeu 60 kg ha⁻¹.

Mercante, Otsubo e Lamas (2006) relataram que o uso de inoculante contendo as estirpes de *R. tropici* CIAT 899 (= SEMIA 4077) e PRF 81 (= SEMIA 4080) promoveu aumentos significativos na nodulação e no rendimento de grãos das cultivares de feijoeiro avaliadas (BRS Pontal, BRS Requite, BRS Vereda e BRS Timbó), mesmo em solos com populações elevadas de rizóbios nativos. Observaram ainda que, as produtividades obtidas com a inoculação de rizóbios selecionados nas diferentes cultivares de feijoeiro mostraram-se superiores àquelas correspondentes aos tratamentos com aplicação de doses de até 80 kg ha⁻¹ de N, demonstrando a possibilidade de obtenção de incrementos significativos nos rendimentos médios desta cultura, a baixos custos econômicos e ambientais. Da mesma forma, Pelegrin et al. (2009) obtiveram produtividades semelhantes entre a inoculação e a aplicação de 80 kg ha⁻¹ de N, e ao comparar a produtividade obtida com a inoculação de rizóbio acrescida de 20 kg ha⁻¹ de N em cobertura em relação a aplicação de 160 kg ha⁻¹ de N em cobertura, também não observaram diferenças. Lemos et al. (2003), utilizando os genótipos Carioca, IAPAR 14 e México 309, verificaram aumento na produtividade quando foi realizada a inoculação com *R. tropici*.

Diversos experimentos não obtiveram respostas com a inoculação com rizóbio. Figueiredo (2012) ao conduzir experimento com rizóbio, concluiu que a produtividade de grãos não foi influenciada pela inoculação das sementes com *R. tropici* estirpe CIAT 899, e aponta esse fato no sentido de que a população nativa de rizóbio apresentou performance semelhante a da estirpe inoculada. Da mesma maneira, Souza, Soratto e Pagani (2011) e Kaneko et al. (2010) não obtiveram efeito da inoculação com *R. tropici* sobre a produtividade do feijoeiro.

Ferreira et al. (2000), não verificaram diferenças na produtividade ao inocular as sementes com *R. tropici* estirpe CIAT 899 em relação ao controle sem inoculação e sem adubação e ao controle adubado e não inoculado, e concluíram que a inoculação de estirpes

eficientes de *Rhizobium* em cultivar nodulante de feijoeiro ou seu cultivo em solos com população nativa eficiente pode possibilitar a não utilização de nitrogênio em cobertura na cultura do feijoeiro, sem afetar a produtividade.

Silva et al. (2009) não observaram diferença estatística entre a inoculação com *R. tropici* (estirpe CIAT 899), a adubação nitrogenada e suas interações, para a produtividade do feijoeiro. Os autores afirmaram que a ausência de diferenças significativas entre os tratamentos indica que as estirpes de rizóbio nativas presentes no solo são de elevada eficiência no processo simbiótico com o feijoeiro.

2.4 *Azospirillum brasilense*

Nos últimos anos tem sido observado um interesse crescente no uso de inoculantes contendo bactérias promotoras de crescimento de plantas e deve aumentar nos próximos anos, devido ao aumento dos custos de fertilizantes, as preocupações com a poluição e ênfase na agricultura sustentável. No Brasil, a economia considerando apenas a substituição parcial (50%) do fertilizante nitrogenado (para o milho, economia de cerca de 52 kg de N ha⁻¹ em 14,1 milhões de hectares; para o trigo, economia de cerca de 35 kg de N ha⁻¹ em 2,4 milhões de ha⁻¹), exigido pelo milho e trigo por *Azospirillum brasilense* resultaria em uma economia estimada em 1,2 bilhões dólares por ano. Portanto, o uso de inoculantes contendo *Azospirillum* deve ajudar todo o mundo a alcançar o objetivo de reduzir o uso de fertilizantes químicos (HUNGRIA et al., 2010).

Bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) são definidas como bactérias de vida livre no solo, rizosfera, rizoplano e filosfera que, sob algumas condições, são benéficas às plantas. As mais conhecidas entre as não simbióticas BPCP são bactérias do gênero *Azospirillum*. Elas promovem o crescimento da planta por diversos mecanismos, como a fixação de nitrogênio, a produção de hormônios de plantas (auxina, giberelina e citocinina, estimulando a ramificação da raiz, aumentando a biomassa da parte aérea e da raiz), aumentam a permeabilidade da raiz, melhoram a absorção de minerais em geral, e aumentam a resistência a condições adversas como seca, salinidade e compostos tóxicos (BASHAN; BASHAN, 2005).

Os *Azospirillum* são bactérias fixadoras associativas que vivem e fixam N₂ no solo, porém, são capazes de penetrar nas raízes de gramíneas, formando uma associação simbiótica com a planta, sem perder a capacidade de fixar N₂. Inicialmente foram consideradas como bactérias exclusivamente tropicais, mas apesar de terem preferência pelas áreas quentes,

também foram encontradas em clima temperado, sendo atualmente denominadas de cosmopolitas (DROZDOWICZ, 1997).

Azospirillum é um colonizador geral de raízes, portanto, não é uma bactéria específica, já que não apresenta preferência por plantas cultivadas, plantas daninhas, anuais ou perenes (BASHAN; HOLGUIN, 1997). Segundo Okon e Labandera-Gonzales (1994), bactérias desse gênero estimulam a densidade e comprimento dos pêlos radiculares, a taxa de aparecimento das raízes laterais e área de superfície das raízes, sendo que a intensidade desses efeitos sobre a morfologia radicular é dependente das espécies de plantas e cultivar e, mais importante, sobre a concentração do inóculo. Em muitos casos, a ótima concentração é de cerca de 1×10^7 unidades formadoras de colônias (ufc) semente⁻¹ ou plântula⁻¹ (OKON; LABANDERA-GONZALES, 1994).

Na maioria das espécies vegetais estudadas a colonização bacteriana ocorre principalmente na zona de alongamento da raiz (OKON; LABANDERA-GONZALES, 1994).

De acordo com Rudnick et al. (1997) a presença de amônio impede a fixação de nitrogênio por *A. brasilense*, inibindo tanto a atividade e a síntese da enzima nitrogenase.

O crescimento das leguminosas promovido após a inoculação com *Azospirillum* foi precedida pelo aumento na nodulação das plantas. Uma possível explicação é que *Azospirillum* tem uma forte atração microaerofílica ao nicho rizosférico das raízes das leguminosas e mobilidade mais rápida do que *Rhizobium*. Esses resultados podem levar a conclusão de que as raízes das leguminosas podem ser ocupadas primeiramente por *Azospirillum*, permitindo pré-condicionamento das raízes antes da colonização de *Rhizobium* (OKON; ITZIGSOHN, 1995).

Resultados obtidos por Madhaiyan et al. (2010) revelaram que *A. brasilense* produziu ácido indol acético (AIA) em meio de cultura, além da inoculação de sementes com *A. brasilense* apresentar um comprimento de raiz de $9,68 \pm 0,32$ centímetros para tomate e $6,76 \pm 0,18$ centímetros para pimentão vermelho, enquanto os controles apresentaram apenas $7,21 \pm 0,21$ cm e $6,20 \pm 0,19$ centímetros, respectivamente. Estes dados confirmam que *A. brasilense* apresenta capacidade de promoção de crescimento da planta. Esses mesmos autores ao avaliar o efeito de *A. brasilense* em três tipos de plantas em casa de vegetação, verificaram que essa bactéria promoveu aumento da parte aérea de tomate e pimentão vermelho e da raiz de arroz, além de aumentar a porcentagem de nitrogênio nas plantas de tomate.

Poucos trabalhos foram desenvolvidos com a utilização de *A. brasilense* em feijoeiro. Gitti et al. (2012) verificaram que a inoculação de sementes de feijão com *Azospirillum*

brasilense apresentou aumentos numéricos no teor de nitrogênio foliar, massa seca de plantas, componentes de produção, massa de 100 grãos e produtividade de grãos, no entanto, esses aumentos não foram significativos. German et al. (2000) conduziram experimentos testando os efeitos de *A. brasilense* sobre a morfologia radicular de feijoeiro sob diferentes regimes de água. Esses autores, avaliando os sistemas radiculares através da análise de imagem, em um sistema de crescimento de tubo de PVC, observaram que a inoculação com *A. brasilense* com 10^7 unidades formadoras de colônias (UFC) ml^{-1} aumentou o comprimento da raiz, área de projeção de raiz, comprimento radicular específico (m g^{-1}) e área de raiz específica ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$), em comparação com os controles não inoculadas, resultando em sistemas radiculares com raízes mais longas e mais finas. O estresse hídrico induziu a respostas radiculares semelhantes as observadas após a inoculação com *A. brasilense*. Em vasos de plantas com escassez de água, o efeito de *A. brasilense* sobre o comprimento de raízes foi dependente da concentração do inóculo, em que, com 10^7 UFC ml^{-1} este efeito foi significativo em comparação com controles não inoculados, aumentando o seu valor. A semelhança nas respostas da raiz ao estresse hídrico e à inoculação com *Azospirillum* sugere que mecanismos morfogenéticos semelhantes são provavelmente ativado por esses fatores, mas para fins diferentes. No caso de escassez de água, a produção de raízes mais finas e o aumento da superfície radicular é uma resposta adaptativa da planta para melhorar a captação de água. No caso de inoculação com *Azospirillum*, essas mudanças na morfologia radicular provavelmente aumentam a superfície de raiz disponível para colonização por *Azospirillum* (GERMAN et al., 2000).

2.5 Co-inoculação com rizóbio e *Azospirillum*

Uma técnica alternativa de co-inoculação ou também denominada de inoculação mista com bactérias simbióticas e assimbióticas tem sido estudada em leguminosas. Essa técnica consiste na utilização de combinações de diferentes microrganismos, os quais produzem efeito sinérgico, em que se superam os resultados produtivos obtidos quando utilizados na forma isolada (FERLINI, 2006; BÁRBARO et al., 2008).

Assim, a co-inoculação é baseada na mistura de inoculantes, ou seja, combinações de microrganismos que interagem sinergicamente, ou quando *Azospirillum* está funcionando como um “ajudante” bacteriano para melhorar o desempenho de outros microrganismos benéficos. Estudos feitos sem plantas indicam que algumas misturas permitem as bactérias interagir sinergicamente, por fornecer nutrientes, remover alguns produtos de inibição, ou

estimular um ao outro através de mecanismos físicos ou bioquímicos (BASHAN; HOLGUIN, 1997).

Nos casos onde se tem utilizado *Azospirillum brasilense* em leguminosas, o efeito benéfico da associação com rizóbio se deve na maior parte, a capacidade que a bactéria tem de produzir fitormônio que resulta em maior desenvolvimento do sistema radicular, e, portanto, a possibilidade de explorar um volume mais amplo de solo (BÁRBARO et al., 2008).

De acordo com Ferlini (2006) a inoculação combinada de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* em soja incrementa os rendimentos das leguminosas, também sobre condições limitadas de água e de nitrogênio. Em experimento em laboratório avaliando o potencial de melhoria de crescimento das raízes e nodulação em soja co-inoculada com *Azospirillum* e *Bradyrhizobium*, Molla et al. (2001) observaram que *Azospirillum* tem potencial para estimular significativamente o crescimento radicular até mesmo em plantas com raízes cortadas, o que implica em influência positiva sobre o crescimento e desenvolvimento radicular. Ainda, esses mesmos autores concluíram que *Azospirillum* não apenas influencia o crescimento radicular, mas também pode melhorar a iniciação e o desenvolvimento de nódulos em plantas de soja por co-inoculação com *Bradyrhizobium*.

Benintende et al. (2010) ao desenvolver experimento com e sem déficit hídrico em soja, notaram que a co-inoculação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* na condição de déficit hídrico aumentou de forma significativa o peso dos nódulos em relação a inoculação com *B. japonicum*, porém na condição sem déficit hídrico não houve diferenças. Em ambas as condições, os rendimentos dos tratamentos de co-inoculação apresentaram valores mais elevados em comparação com *Bradyrhizobium*, mas essas diferenças não foram significativas. A co-inoculação também resultou em maior acúmulo de matéria seca em relação a inoculação simples nas duas condições, sem déficit hídrico (incremento entre 9 e 15%) e com déficit hídrico (aumento de 2,5 a 3,5%).

Cassán et al. (2009) também relataram que o número de nódulos e a porcentagem de plantas noduladas foram superiores em plantas de soja co-inoculadas com *B. japonicum* e *A. brasilense*, e afirmaram que pode ser devido a excreção de produtos metabólicos por *A. brasilense*. Esses autores verificaram que *A. brasilense* produz compostos reguladores de crescimento de raiz (AIA).

Burdman, Kigel e Okon (1997) avaliando o efeito de *Azospirillum* e *Rhizobium* sobre a nodulação e crescimento do feijoeiro em laboratório, observaram que a co-inoculação

aumentou significativamente o número total de nódulos e a fixação de N₂ comparados com a inoculação com *Rhizobium* sozinho.

Dardanelli et al. (2008) também estudando co-inoculação em feijão com *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici* sob estresse salino em hidroponia, puderam relatar o efeito positivo da co-inoculação. Os autores observaram o efeito positivo ao nível do desenvolvimento radicular, fixação de nitrogênio, produção de mais sinais flavonóides e alívio dos efeitos negativos causado por NaCl, além disso os resultados sugerem que *Azospirillum* permite uma exsudação mais longa, mais persistente dos flavonóides das raízes de feijão.

Por outro lado, em experimento desenvolvido em casa de vegetação por Veronezi et al. (2012) não houve diferença significativa no número e massa seca dos nódulos de feijoeiro entre as plantas co-inoculadas com *A. brasilense* e *R. tropici* e as inoculadas com *R. tropici*.

Hungria, Nogueira e Araújo (2013) ao conduzir cinco experimentos com feijoeiro em dois locais (Londrina e Ponta Grossa) por três estações de cultivo (2009, 2010 e 2010/11) obtiveram maior produtividade com a co-inoculação e a testemunha não inoculada e adubada em relação à testemunha não inoculada e não adubada, a inoculação com *Rhizobium* e a aplicação de *Azospirillum* no sulco.

Remans et al. (2008), em experimento verificando a influência da co-inoculação em duas cultivares de feijão em cinco locais, notaram que a cultivar DOR364 co-inoculada com *Azospirillum* e *Rhizobium* obteve melhor desempenho para produtividade em comparação a inoculação com *Rhizobium* em todos os locais, embora as diferenças nem sempre foram significativas. Já com a cultivar BAT477, ocorreu o contrário, a co-inoculação reduziu a produtividade em quatro dos cinco locais avaliados, em relação à inoculação com *Rhizobium*.

Inoculações mistas têm uma maior taxa de sucesso. Parece que nas plantas co-inoculadas, a nutrição é mais equilibrada e adsorção de nitrogênio, fósforo e outros nutrientes minerais é significativamente melhorada, produzindo uma safra melhor. A inoculação mista de *Azospirillum* com *Rhizobium* aumenta a estimulação e a função dos nódulos, número total e peso dos nódulos, diferenciação das células epidérmicas nos pêlos radiculares, produtividade de grãos e área da superfície radicular (BASHAN; BASHAN, 2005).

A co-inoculação com *Azospirillum* e outros microrganismos é uma das maiores fronteiras da tecnologia *Azospirillum* e talvez seja a principal área para aplicação futura. Esta nova tendência promissora no campo dos inoculantes microbianos representa o maior tópico simples da literatura sobre *Azospirillum* nos últimos anos (BASHAN; HOLGUIN, 1997).

2.5 Irrigação do feijoeiro

A maior parte da produção de feijão irrigado no cerrado do Brasil central ocorre de maio a setembro, período caracterizado pela falta de chuvas e por condições reduzidas de umidade relativa (ROCHA; GUERRA; AZEVEDO, 2003). A irrigação tem proporcionado significativos aumentos de produtividade na cultura do feijoeiro de terceira safra (ÁVILA et al., 2010).

O manejo adequado da irrigação na cultura do feijoeiro em áreas irrigadas além de fornecer água ao solo no momento oportuno e na quantidade suficiente para atender as necessidades hídricas da planta, tem como objetivos maximizar a produtividade da cultura, minimizar o uso de água e custo de energia, aumentar a eficiência de adubos, diminuir a incidência de doenças e manter ou melhorar as condições químicas e físicas do solo (SILVEIRA; STONE; SILVA, 2001).

O consumo de água pelo feijoeiro varia em função do estágio de desenvolvimento, da variedade, do local, das condições de solo e da época de cultivo (MOREIRA et al., 1988). Numa mesma condição de solo e de acordo com o número de dias do ciclo, a quantidade de água exigida para a máxima produção pode variar entre 300 e 500 mm, dependendo do clima (DOORENBOS; KASSAN, 1979).

O feijoeiro concentra elevada porcentagem do sistema radicular na camada superficial do solo, o que resulta em alta sensibilidade ao déficit hídrico (CARLESSO et al., 2007). As fases de floração e de desenvolvimento das vagens são as mais sensíveis a estresses (deficiência ou excesso) (MOREIRA et al., 1988). Assim, um adequado desenvolvimento das plantas está associado a distribuição regular das chuvas ou ao eficiente uso da água de irrigação (CARLESSO et al., 2007).

O feijoeiro necessita de baixa tensão de água no solo para garantir bons rendimentos (MOREIRA et al., 1988; MOREIRA et al., 1999). Cultivares de feijoeiro respondem de modo diferente ao déficit de água no solo durante o período de floração, independente da magnitude do estresse hídrico (STONE; SILVEIRA, 2001).

O rendimento da cultura depende da condição hídrica do solo. Deficiências ou excessos de água, nas diversas fases do ciclo da cultura, causam diminuição na produtividade (SILVEIRA; STONE, 2004).

Os efeitos do déficit hídrico iniciam-se, quando a taxa de evapotranspiração supera a taxa de absorção de água pelas raízes e sua transmissão para as partes aéreas da planta. Portanto, o déficit hídrico está associado a uma diminuição progressiva da água no solo, que

acompanha a profundidade radicular (SILVEIRA; STONE, 2004). De acordo com Cunha et al. (2013), plantas de feijoeiro submetidas a déficit hídrico de 21% na fase vegetativa aliado a 37% na fase reprodutiva têm sua produtividade reduzida em 29%; e déficit hídrico de 22% na fase reprodutiva é capaz de reduzir a produtividade do feijoeiro em 15%.

Em condições de excesso de água, o desenvolvimento vegetativo e o rendimento do feijoeiro são bastante prejudicados. O efeito na planta varia em função do solo, do estágio de desenvolvimento, da cultivar, da temperatura, do tempo de duração do excesso hídrico, entre outros. A respiração é a atividade da planta mais sensível ao excesso de umidade, em que a redução da sua atividade tem efeito limitante no desenvolvimento da cultura. Quando há excesso de água, ocorre o aumento da resistência ao movimento de água, através das raízes, redução da absorção de nutrientes, aumento da concentração de substâncias tóxicas na planta e diminuição do crescimento e do potencial de água na folha (SILVEIRA; STONE, 2004), além de resultar em aumento da incidência de doenças (SORATTO et al., 2003).

A umidade do solo também interfere na atividade das bactérias fixadoras de nitrogênio. Nas associações com leguminosas, a deficiência hídrica reduz a infecção dos pêlos absorventes pelo rizóbio, prejudica o crescimento, chegando até a inibir completamente a produção dos nódulos. A diminuição do potencial hídrico do solo também tem efeito direto na fixação biológica de nitrogênio, reduzindo o transporte dos produtos que contêm o N fixado para fora do nódulo ou de forma indireta, pela redução do fluxo de fotossintatos. Além disso, os nódulos não toleram excesso de umidade por tempo prolongado, devido a necessidade de oxigênio para os processos geradores de energia (SIQUEIRA; FRANCO, 1988). Pimentel et al. (1990) observaram que o estresse hídrico provocou redução do número e peso dos nódulos de feijoeiro das cultivares BAT 117 e GF 830162.

Existem vários métodos para estimar a quantidade de água requerida pelo feijoeiro, sendo o tanque Classe A um dos mais acessíveis aos irrigantes. O método do tanque Classe A associa variáveis meteorológicas e da cultura e é de fácil execução. O tanque pode ser instalado no campo, próximo à cultura (CUNHA et al., 2013). Normalmente, apresenta maiores valores da evapotranspiração em relação ao método por tensiometria (LOPES et al., 2004; PAVANI; LOPES; GALBEIRO, 2008) com incrementos significativos na produtividade do feijoeiro (LOPES et al., 2011).

Diversos experimentos foram realizados em campo para avaliar o efeito de lâminas de irrigação sobre o feijoeiro. Torres et al. (2013), ao avaliar cinco lâminas de irrigação na safra de outono/inverno, sendo 40%, 70%, 100%, 130% e 160% da evapotranspiração diária da cultura, verificaram que a produtividade do feijoeiro, número de vagens por planta e número

de grãos por vagem são maiores quando a reposição de água no solo é realizada com 100% da evapotranspiração. Já Gomes et al. (2012), relataram que a produtividade, o número de vagens por planta, o número de grãos por vagem e a massa de cem grãos do feijoeiro cultivar IPR Colibri responderam de maneira linear crescente a irrigação, em que a maior produtividade (2224 kg ha^{-1}) foi obtida com aplicação da maior lâmina de irrigação, igual a 333 mm. Da mesma forma, Pereira et al. (2004) analisando três lâminas de irrigação (128, 190 e 230 mm) observaram que a maior produtividade ocorreu com a maior lâmina (230 mm). Dentro do intervalo de 272,04 a 407,39 mm de água a aplicação de maiores lâminas propicia aumento na produtividade de grãos do feijoeiro (CUNHA et al., 2013).

Em experimento de campo com as lâminas de irrigação de 179,5; 256,5; 357,5; e 406,2 mm de água, Monteiro, Ângulo Filho e Monteiro (2010), puderam verificar que as variáveis biofísicas de índice de área foliar, altura da planta, produtividade, número de vagens por planta e número de grãos por vagem tiveram maiores valores nas plantas que receberam maiores quantidades de água.

Por outro lado, Soratto et al. (2003) e Arf et al. (2004) não obtiveram diferenças na produtividade de feijão quando utilizaram as lâminas de irrigação recomendada, 25% superior e 25% inferior a recomendada, sendo assim, a menor lâmina de água ocasiona menor custo de irrigação.

2.6 Qualidade fisiológica de sementes

A qualidade fisiológica de sementes é definida pela germinação e vigor das sementes (PESKE; BARROS; SCHUCH, 2010). O teste de germinação fornece informações sobre o potencial de uma amostra para germinar em condições ambientais ótimas e é considerado teste padrão, com ampla possibilidade de repetição dos resultados. No entanto, mesmo que os resultados apresentem alto grau de confiabilidade para analistas e produtores de sementes, sob o ponto de vista de reprodutibilidade dos resultados e utilização como base para a fiscalização do comércio, quando se utiliza de lotes para semeadura no campo, frequentemente os resultados de emergência das plântulas podem ser inferiores aos observados para a germinação no laboratório (MARCOS FILHO, 1999b). Portanto, considerar apenas a germinação não é suficiente para determinar a qualidade de um lote, devendo ser considerado vários atributos em conjunto (TOLEDO; MARCOS FILHO, 1977). Sendo assim, os testes de vigor representam importante parâmetro para caracterização da qualidade fisiológica das sementes (MARCOS FILHO, 1999b).

O vigor, de acordo com Toledo e Marcos Filho (1977) é definido como uma propriedade fisiológica, determinada pelo genótipo e modificada pelo ambiente, que governa a capacidade da semente produzir rapidamente uma plântula no solo e tolerar significativas variações das condições ambientais. Segundo os autores, as sementes vigorosas têm possibilidade de germinar rapidamente no campo, dar origem a plântulas bem desenvolvidas e resistentes a condições ambientais adversas e a plantas com alta capacidade de produção, além de melhor conservação durante o armazenamento.

Vários fatores afetam o vigor da semente durante a produção, colheita, armazenamento e emergência no campo. Durante a produção, os principais fatores são: condições climáticas (temperatura e água), nutrientes e intensidade luminosa. As condições ambientais afetam o vigor da semente mesmo antes da sua formação, já que influenciam o desenvolvimento e o florescimento da planta e poderão influenciar o vigor das futuras sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

A quantidade de água disponível no solo durante o desenvolvimento da semente pode afetar indiretamente o vigor, por influenciar a composição química quantitativa da semente, enquanto a temperatura influencia os processos de desenvolvimento. A energia luminosa incidente determina a eficiência fotossintética da planta, definindo quanto de fotossintatos estará disponível para ser transportado para as sementes em desenvolvimento (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

A ocorrência de deficiência hídrica no período de transferência de matéria seca pode provocar redução no peso das sementes e afetar de forma significativa o seu desempenho. Além disso, a deficiência hídrica acelera a senescência foliar e diminui o período de acúmulo de reservas, fazendo com que as sementes oriundas das plantas estressadas não apresentem padrão normal de desenvolvimento (MARCOS FILHO, 2005).

A fertilidade do solo, onde ocorre o desenvolvimento das raízes, interfere na composição química das plantas e das sementes em desenvolvimento. Os nutrientes armazenados na semente fornecerão condições para o estabelecimento da plântula em seus estádios iniciais (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). O aspecto nutricional das plantas afeta o tamanho, massa e viabilidade das sementes produzidas (SÁ, 1994), em que plantas bem nutridas geralmente produzem sementes maiores e mais pesadas, especialmente quando o fornecimento de nutrientes é adequado durante o período de acúmulo de matéria seca, época em que as sementes exigem maior disponibilidade de elementos essenciais (MARCOS FILHO, 2005). Para Teixeira et al. (2005), a disponibilidade de nutrientes influencia a formação do embrião e dos cotilédones, interferindo sobre o vigor e a qualidade fisiológica.

Dentre os nutrientes, o nitrogênio tem ação mais visível e pronunciada, sendo que seu efeito depende da época de aplicação, já que se efetuada tardiamente (após a fecundação), as respostas são menos intensas (MARCOS FILHO, 2005). O nitrogênio pode afetar a qualidade fisiológica da semente, no entanto, os resultados variam em função da espécie, das condições ambientais, como também do estágio de desenvolvimento da planta no momento da aplicação do fertilizante (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). A inoculação de sementes com bactérias fixadoras de nitrogênio também podem afetar a composição das sementes, haja vista que variações na composição química estão relacionadas ao desempenho das sementes (MARCOS FILHO, 2005).

Trabalhos que relacionam a adubação e nutrição das plantas produtoras de sementes com a qualidade fisiológica das sementes ou com a produção posterior são poucos (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012), havendo a necessidade de desenvolvimento de novas pesquisas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi realizado no período de inverno dos anos de 2012 e 2013, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia – UNESP, campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria-MS, que tem como coordenadas geográficas aproximadas de 51° 24' de longitude Oeste de Greenwich e 20° 20' de latitude Sul e 340 metros de altitude. O solo da área é um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, textura argilosa, segundo a classificação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa (EMPRAPA, 2006).

Nos dois anos foram utilizadas áreas separadas, mas com fertilidade semelhante, tendo como cultura antecessora o milho. Antes da instalação do experimento foram realizadas amostragens do solo da área na camada de 0,00 a 0,20 m no ano 2012 para análise química, conforme metodologia descrita por Raij et al. (1996), cujas características estão na Tabela 1.

Tabela 1 - Análise química do solo da área experimental na camada de 0,00 a 0,20 m. Selvíria, MS, 2012.

P resina mg dm ⁻³	M.O. g dm ⁻³	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V %
					mmol _c dm ⁻³				
12	16	5	1,5	18	12	18	31,5	49,7	63

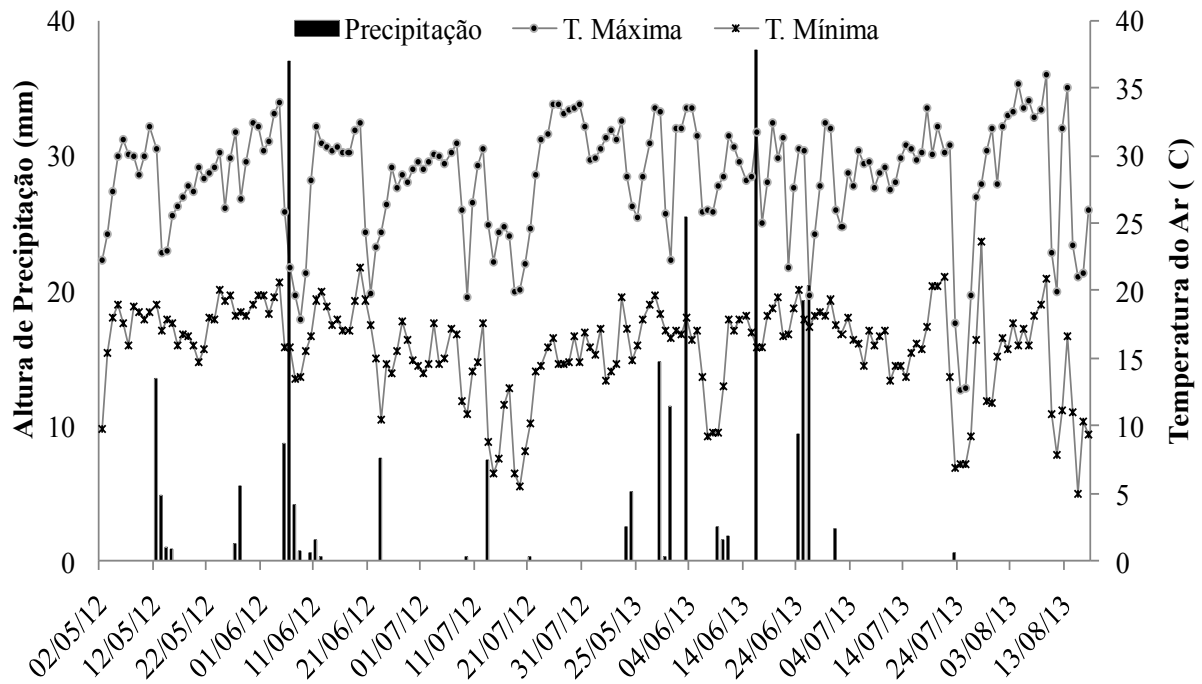
Fonte: Elaboração da própria autora.

3.2 Clima

O clima predominante da região, conforme classificação de Koppen é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. A precipitação pluvial média anual é de 1.330 mm, com temperatura média anual de aproximadamente 25 °C e umidade relativa do ar média anual de 66% (CENTURION, 1982).

Os dados climáticos de temperatura mínima e máxima e precipitação registrados durante a condução do experimento foram obtidos no posto agrometeorológico, instalado próximo da área experimental (Figura 2). A precipitação total acumulada em 2012 foi de 94 mm e em 2013 de 155 mm.

Figura 2 - Temperatura máxima, mínima e precipitação pluviométrica por decênio, registrado durante a condução do experimento em 2012 e 2013. Selvíria. MS.



Fonte: UNESP (2013).

3.3 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com tratamentos dispostos em esquema fatorial 5x2. Os tratamentos constituíram-se de cinco formas de fornecimento de nitrogênio (testemunha sem inoculação com 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura; testemunha sem inoculação com 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura; inoculação de *A. brasilense* com 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura; inoculação de *R. tropici* com 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura; e co-inoculação de *A. brasilense* e *R. tropici* com 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura) e duas lâminas de irrigação (recomendada para o feijão e 75% da recomendada) com quatro repetições.

As parcelas foram constituídas por cinco linhas de 6,2 m de comprimento, espaçadas 0,50 m entre si no ano de 2012 e 0,45 m em 2013 e como área útil foram consideradas as três linhas centrais de cada parcela, sendo duas para produtividade e uma para coleta de plantas e raízes, desprezando-se 0,5m de cada extremidade.

3.4 Instalação e condução do experimento

O preparo da área foi realizado com uso do escarificador seguido de gradagem com grade leve para destorroamento e nivelamento do solo nos dois anos de cultivo.

O feijão foi semeado mecanicamente utilizando a quantidade de sementes suficientes para obtenção de densidade de 10 a 13 plantas m^{-2} , nos dias 02 de maio em 2012 e 22 de maio em 2013. A adubação de semeadura foi realizada de acordo com as recomendações de Ambrosano et al. (1997), com 250 kg ha^{-1} da fórmula 04-30-10 nos dois anos de cultivo.

A cultivar utilizada foi a Pérola, que apresenta grão tipo Carioca, peso médio de 100 sementes de 23-25 g, hábito de crescimento indeterminado II/III, porte semi-ereto a prostrado e ciclo normal (RAMALHO; ABREU, 2006).

A inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* foi realizada com o inoculante comercial turfoso AzoTotal[®] gramíneas que contém as estirpes AbV₅ e AbV₆, na dose de 200 g para 25 kg de sementes no ano de 2012 e, no ano de 2013 utilizou-se o inoculante líquido MASTERFIX[®]L gramíneas na dose de 200 mL para 25 kg de sementes. Para a inoculação com *Rhizobium tropici* utilizou-se o inoculante comercial turfoso Total Nitro[®] com a estirpe Semia 4080, na dose de 200 g para 25 kg de sementes. A co-inoculação foi realizada misturando as duas bactérias, nas mesmas proporções utilizadas quando inoculadas isoladamente, ou seja, 200g (ou 200 mL) de inoculante contendo *A. brasilense* + 200 g de inoculante contendo *R. tropici* para 25 kg de sementes. A inoculação foi realizada misturando o inoculante com solução açucarada a 12% na proporção de 250 mL da solução para 500g de inoculante. A solução açucarada tem a finalidade de contribuir para maior adesão do inoculante a superfície da semente (STRALIOTTO, 2002; STRALIOTTO, TEIXEIRA; MERCANTE, 2003).

A emergência ocorreu aos sete e seis dias após a semeadura nos anos de 2012 e 2013, respectivamente. A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada aos 24 e 20 dias após a emergência (DAE) nos anos de 2012 e 2013, respectivamente, quando as plantas estavam no estágio V_{4.4} (quarta folha trifoliada). Utilizou-se o nitrogênio na forma de ureia nas doses de 40 kg ha^{-1} e 80 kg ha^{-1} de acordo com o tratamento. Logo em seguida a adubação, a área foi irrigada para diminuir perdas por volatilização da amônia.

O controle de plantas daninhas foi realizado em pós-emergência no estágio V₄ que corresponde a 22 DAE em 2012 e 17 DAE em 2013, com o herbicida fomesafen (250 g ha^{-1}) no volume de calda de 220 L ha^{-1} , aplicado com pulverizador costal motorizado para o controle de plantas de folhas largas.

O controle das pragas foi realizado em 2012, com o inseticida deltametrina + triazofós ($0,4 + 140 \text{ g ha}^{-1}$) no estágio V_4 . No ano de 2013, ocorreu o aparecimento de maior quantidade de pragas, levando a aplicação dos inseticidas: imidacloprido (300 g ha^{-1}) no estágio V_3 (primeira folha trifoliada), acefato ($562,5 \text{ g ha}^{-1}$) nos estádios V_{4-4} , R_5 (botões florais formados) e R_7 (formação de vagens), clorpirifos (600 g ha^{-1}) em R_8 (enchimento de vagens). Para evitar a entrada de doenças causadas por fungos, foi realizado o controle preventivo com duas aplicações do fungicida mancozeb (1.600 g ha^{-1}) em 2013 nas fases de V_{4-4} e R_5 , e em 2012 realizou apenas uma aplicação em V_4 .

A colheita foi realizada manualmente aos 89 DAE em 2012 e 81 DAE em 2013.

3.5 Irrigação

O fornecimento de água foi realizado por um sistema fixo de irrigação convencional por aspersão com precipitação média de $3,3 \text{ mm h}^{-1}$ nos aspersores, pressão de operação de $0,25 \text{ Mpa}$ e com o espaçamento entre os aspersores de $6\text{m} \times 6\text{m}$.

A reposição de água foi realizada quando a evapotranspiração da cultura (ETc) acumulada atingiu valores próximos da água disponível do solo (ADS) preestabelecidos.

Para determinar a quantidade de água a ser irrigada, utilizou-se o método do tanque classe A. A evaporação de água (ECA) foi obtida diariamente do tanque classe A instalado no Posto Meteorológico próximo da área experimental. O coeficiente do tanque classe A (K_p) utilizado foi o proposto por Doorenbos e Pruitt (1976), que leva em consideração a área circundante, velocidade do vento e umidade relativa do ar.

A Evapotranspiração da cultura foi determinada pela expressão:

$$ETc = Kp \cdot ECA \cdot Kc, \text{ em que:}$$

ETc: Evapotranspiração da cultura em mm dia^{-1} ;

K_p : coeficiente do tanque Classe A;

ECA: Evaporação do tanque Classe A em mm dia^{-1} ;

K_c : Coeficiente da cultura.

No manejo de água da cultura, empregou-se coeficientes de cultura (K_c) de acordo com a fase de desenvolvimento das plantas. Os coeficientes de cultura utilizados na lâmina recomendada foram os propostos por Doorenbos e Kassam (1979) e os da lâmina de 75% da recomendada foram 25% inferior ao recomendado e constam na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores de coeficiente da cultura (Kc) utilizados nas diferentes fases de desenvolvimento do feijoeiro de acordo com as lâminas de água aplicadas por aspersão.

Lâmina de Irrigação	Fases de desenvolvimento ⁽¹⁾				
	VO-V2	V3-V4	R5-R7	R8	R9
Recomendada	0,30	0,70	1,05	0,75	0,25
75% da recomendada	0,23	0,53	0,79	0,56	0,19

⁽¹⁾Fases de desenvolvimento (FERNANDEZ; GEPTS; LOPES, 1986): V0-V2: germinação – folhas primárias; V3-V4: primeira folha trifoliada – terceira folha trifoliada; R5-R7: pré-floração – formação de vagens; R8: enchimento de vagens; R9: maturação.

Fonte: Doorenbos e Kassam (1979).

3.6 Avaliações

3.6.1 PRODUÇÃO

3.6.1.1 População final de plantas

Foi avaliada pela contagem das plantas contidas em duas linhas de três metros de comprimento da área útil das parcelas no momento da colheita, e os dados foram transformados em plantas ha⁻¹.

3.6.1.2 Número de nódulos, massa seca dos nódulos e massa seca de raiz

No estágio de florescimento pleno (R₆), em três blocos, foram coletadas em sequência as raízes de cinco plantas na área útil de cada parcela, utilizando enxadão na profundidade de 0 a 20 cm. Em seguida as raízes foram lavadas com água corrente utilizando-se peneiras, e posteriormente determinou-se: o número de nódulos pela contagem; a matéria seca dos nódulos e a matéria seca das raízes mediante a secagem em estufa a 65°C por 72 horas e, posteriormente pesagem. Os dados foram transformados em número de nódulos por planta, matéria seca de nódulos por planta (g) e matéria seca de raiz por planta (g).

3.6.1.3 Massa seca da parte aérea e teor de nitrogênio foliar

No estágio de florescimento pleno (R₆), foram coletadas as partes aéreas de dez plantas seguidas, acondicionadas em saco de papel, levadas ao laboratório e submetida à secagem em estufa de circulação forçada de ar à temperatura média de 65°C, até atingir massa

constante. Posteriormente foi determinada a massa da matéria seca e os valores convertidos em g planta^{-1} .

Para avaliar o teor de N foliar, foram retiradas todas as folhas das plantas já secas anteriormente para determinação da matéria seca, e essas folhas foram moídas em moinho tipo Wiley e em seguida foram submetidas à análise de nitrogênio segundo a metodologia proposta por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

3.6.1.4 Componentes de produção

No momento da colheita, foram coletadas 10 plantas em local pré-determinado na área útil de cada parcela e levadas ao laboratório para determinação do número de vagens por planta, número de sementes por planta, número de sementes por vagem e massa de cem sementes.

O número de vagens por planta foi determinado por meio da contagem do número total de vagens dividido pelo número de plantas. Obteve-se o número de sementes por planta mediante a relação entre número total de sementes e o número total de plantas. Determinou-se o número de sementes por vagem através da relação entre número total de sementes e o número total de vagens.

A massa de cem sementes foi obtida pela pesagem de duas amostras, de cem sementes cada uma, em cada unidade experimental. Os dados obtidos da massa de cem sementes foram corrigidos para 13% de umidade (base úmida).

3.6.1.5 Produtividade

No momento da colheita, as plantas contidas em duas linhas de três metros de comprimento, na área útil de cada unidade experimental, foram arrancadas manualmente e colocadas ao sol para secagem, e posteriormente trilhadas mecanicamente. Após esta operação, as sementes foram pesadas e os dados transformados em kg ha^{-1} , corrigindo para 13% de umidade (base úmida).

3.6.2 QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES

A avaliação da qualidade fisiológica das sementes foi realizada no Laboratório de Análises de Sementes do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia da Faculdade de Engenharia – UNESP, Campus de Ilha Solteira-SP.

3.6.2.1 Teor de água

Para a determinação do teor de água foi utilizado o método da estufa a 105 ± 3 °C por 24 horas, antes e após o envelhecimento acelerado. Foram pesadas quatro subamostras de $4,5\pm 0,5$ g de sementes, em balança de precisão (0,001g), sendo os dados expressos em porcentagens, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

3.6.2.2 Germinação

Foi realizado o teste padrão de germinação com quatro subamostras de 50 sementes, em rolos de papel substrato germiteste mantidos a temperatura constante de 25 ± 1 °C. O papel foi umedecido com água destilada numa quantidade equivalente a três vezes o peso do papel. As contagens de plântulas normais foram realizadas aos cinco e nove dias após a instalação do teste, de acordo com os critérios estabelecidos pelas Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

3.6.2.3 Primeira Contagem de Germinação

Foi conduzido juntamente com o teste de germinação e constou do registro das plântulas normais determinadas na primeira contagem, avaliada aos cinco dias após a semeadura. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

3.6.2.4 Emergência em campo

O teste foi realizado em condições de campo na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP, localizada no município de Selvíria-MS, utilizando-se quatro repetições de 50 sementes por tratamento, semeadas em linha de dois metros de comprimento com

espaçamento entrelinhas de 0,25m, sendo irrigadas diariamente. As contagens foram efetuadas 14 dias após a semeadura e os resultados expressos em porcentagem.

3.6.2.5 Envelhecimento Acelerado

Foi realizado segundo metodologia descrita por Marcos Filho (1999a), utilizando-se quatro subamostras de 50 sementes para cada tratamento, pelo método de gerbox, onde aproximadamente 200 sementes foram colocadas sobre a tela de inox de uma caixa plástica (gerbox), contendo no fundo 40 mL de água destilada. Após a colocação da tampa, as caixas foram levadas ao germinador regulado à temperatura de 42°C, onde permaneceram por 72 horas. Transcorrido esse período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação e as plântulas normais foram avaliadas após cinco dias. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

3.6.2.6 Condutividade elétrica

Foi realizado segundo o método descrito por Marcos Filho (2005), utilizando quatro repetições de 50 sementes por tratamento, cujas massas foram previamente determinadas. Após a determinação da massa de cada amostra, as sementes foram colocadas em copos plásticos contendo 75 mL de água deionizada, mantidas em germinador a temperatura de 25±1°C, durante 24 horas. Decorrido esse período, a condutividade da solução de embebição foi determinada com o uso do condutivímetro modelo CD-20. Posteriormente, o valor encontrado foi dividido pela massa da amostra (g) e os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ de sementes.

3.6.2.7 Comprimento de Plântula

Preparou-se o substrato de maneira semelhante ao teste de germinação (BRASIL, 2009). Em seguida, quatro repetições de 20 sementes foram distribuídas sobre duas linhas no terço superior do papel. Os rolos foram confeccionados e colocados em pé, inclinado com ângulo de 75°, dentro do germinador e mantidos a temperatura constante de 25±1°C por cinco dias. Após esse período, foi determinado o comprimento de 10 plântulas normais por repetição, com auxílio de uma régua, considerando a ponta da raiz até a inserção dos cotilédones. O comprimento médio de plântulas foi calculado dividindo-se a soma das

medidas de cada repetição por 10 e os resultados foram expressos em mm plântula⁻¹ (NAKAGAWA, 1999).

3.6.2.8 Massa seca de plântulas

Após a avaliação do teste de comprimento de plântulas, as 10 plântulas normais mensuradas foram utilizadas para esse teste. Para isso, os cotilédones foram retirados e posteriormente as plântulas foram secas em estufa de circulação de ar regulada a 65°C até atingir massa constante e pesadas em balança de precisão (0,001 g). A massa seca de plântulas foi obtida dividindo-se a massa total de plântulas de cada repetição por 10 e os resultados expressos em mg plântula⁻¹ (NAKAGAWA, 1999).

3.7 Análise estatística

Os dados foram avaliados por meio da análise de variância pelo teste F. Quando o valor de F foi significativo ao nível de 5% de probabilidade, aplicou-se o teste de Tukey para comparação das médias. A análise estatística foi realizada através do software SISVAR (Ferreira, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Produção

4.1.1 POPULAÇÃO FINAL, MASSA SECA DA PARTE AÉREA E TEOR DE NITROGÊNIO FOLIAR

A população final média em 2012 foi de 182.593 plantas ha⁻¹ e em 2013 de 210.833 plantas ha⁻¹ (Tabela 3). A menor população em 2012 se deve a semeadora utilizada (semeadora de distribuição a disco), que apresentou menor precisão do que a utilizada em 2013 (semeadora pneumática de distribuição a vácuo). De acordo com Souza et al. (2002) o intervalo de 100.000 a 400.000 plantas ha⁻¹ resulta em produtividades equivalentes. Alves et al. (2009) ao testar quatro cultivares (BRS Radiante, Ouro Vermelho, Bolinha e Novo Jalo) em cinco densidades populacionais (100, 200, 300, 400 e 500 mil plantas ha⁻¹) não obtiveram influência no rendimento de grãos. Isso se deve a capacidade de compensação dos componentes primários da produção do feijoeiro, que proporciona produtividades iguais utilizando populações diferentes (ARF et al., 2011).

Nota-se que apenas no ano de 2013 houve diferença significativa para a população final de plantas entre os tratamentos avaliados (Tabela 3), em que a inoculação com *A. brasilense* resultou em menor população. Gitti et al. (2012) também obtiveram menor população de plantas com inoculação de *A. brasilense* em relação ao tratamento sem inoculação das sementes com as cultivares Cranberry e ETA10.

No ano de 2012 houve interação entre a forma de fornecimento de nitrogênio e a lâmina de irrigação sobre a massa seca da parte aérea (Tabela 3). Analisando a forma de fornecimento de nitrogênio dentro da lâmina recomendada (Tabela 4), verifica-se que a co-inoculação possibilitou a maior massa seca da parte aérea e que não diferiu de *A. brasilense*, enquanto que com 75% da lâmina recomendada os tratamentos com *A. brasilense* e *R. tropici* resultaram em maior massa e não diferiram da co-inoculação (Tabela 4). Da mesma forma, Souza et al. (2012) e Bassan et al. (2001) também verificaram que a inoculação com *Rhizobium tropici* em feijão Pérola resultou em maior massa seca do que a testemunha sem inoculação. Por outro lado, Veronezi et al. (2012) não obtiveram diferenças na massa seca da parte aérea entre os tratamentos com inoculação das sementes de feijão com *R. tropici*, a co-inoculação de *R. tropici* e *A. brasilense*, sem inoculação adicionada ou não à N mineral. Em relação ao desdobramento de lâminas dentro de forma de fornecimento de nitrogênio, apenas

na co-inoculação a lâmina de 75% da proporcionou menor massa seca da parte aérea (Tabela 4). Este resultado pode ter sido ocasionado pela competição entre as bactérias pela água e consequentemente minimizando a produção de fitormônios e a fixação de nitrogênio.

Tabela 3 - População final (PF), massa seca da parte aérea (MSPA) e teor de nitrogênio foliar (N) de feijão Pérola em função da forma de fornecimento de nitrogênio e lâminas de irrigação. Selvíria-MS, 2012 e 2013.

Tratamentos	PF (plantas ha ⁻¹)		MSPA (g planta ⁻¹)		N (g kg ⁻¹)	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013
FORMA DE FORNECIMENTO DE NITROGÊNIO						
T - 40 kg ha ⁻¹ N em cobertura	194.907	216.204a	4,53	6,44b	36,46	51,97
T - 80 kg ha ⁻¹ N em cobertura	184.259	209.722a	4,72	5,72b	40,84	55,57
<i>Azospirillum brasilense</i>	178.704	187.037b	6,59	7,74a	38,62	52,57
<i>Rhizobium tropici</i>	184.259	221.759a	6,08	6,00b	37,55	53,99
<i>A. brasilense</i> + <i>R. tropici</i>	170.833	219.444a	6,44	6,38b	36,91	53,54
DMS	42.521	14.605,8	0,88	1,07	4,10	3,21
LÂMINA DE IRRIGAÇÃO						
Recomendada	183.889	209.259	5,81	6,57	36,91	53,56
75% da Recomendada	181.296	212.407	5,53	6,34	39,24	53,50
DMS	18.887	6.488	0,39	0,48	1,82	1,42
F						
Forma de Forn. de N (FFN)	0,73 ^{ns}	15,80 ^{**}	20,96 ^{**}	8,88 ^{**}	3,10 [*]	3,21 [*]
Lâmina de Irrigação (L)	0,08 ^{ns}	0,99 ^{ns}	2,08 ^{ns}	0,99 ^{ns}	6,94 [*]	0,08 ^{ns}
(FFN) x (L)	1,00 ^{ns}	1,67 ^{ns}	5,61 ^{**}	1,21 ^{ns}	3,92 [*]	3,30 [*]
Blocos (B)	0,87 ^{ns}	1,99 ^{ns}	2,73 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,97 ^{ns}
Média	182.593	210.833	5,67	6,45	38,08	53,53
CV (%)	15,94	4,74	10,63	11,39	7,37	4,10

** , * e ^{ns} – significativos a 1 e 5 % de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente;

Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade (P<0,05); D.M.S. – diferença mínima significativa; C.V. – coeficiente de variação.

Fonte: Elaboração da própria autora.

Em 2013 a massa seca da parte aérea foi influenciada pela forma de fornecimento de nitrogênio, em que a inoculação com *A. brasilense* foi estatisticamente superior aos demais tratamentos (Tabela 4). Esse efeito pode ser atribuído as substâncias produzidas por *Azospirillum*, que de acordo com Oliveira et al. (2008) as bactérias desse gênero produzem três tipos de substâncias que estimulam o crescimento de plantas: auxinas (ácido 3-indolacético), citoquininas e giberelinas, sendo a auxina quantitativamente a mais importante. Da mesma forma, Assmann et al. (2013) relataram que a testemunha nitrogenada aumentou a massa seca da parte aérea quando adicionadas as estirpes de *A. brasilense*. Esse resultado também pode estar relacionado a menor população de plantas obtida com esse tratamento,

onde cada planta teve maior espaço para o crescimento que, aliado a sua a capacidade de compensação, resultou em maior acúmulo de massa seca.

Tabela 4 - Desdobramento das interações significativas entre forma de fornecimento de nitrogênio e lâmina de irrigação para massa seca da parte aérea em 2012, teor de nitrogênio foliar em 2012 e teor de nitrogênio foliar em 2013 de feijoeiro cultivar Pérola. Selvíria-MS, 2012 e 2013.

Massa seca parte aérea em 2012 (g planta⁻¹)					
Lâminas¹	Forma de fornecimento de nitrogênio				
	T-40	T-80	<i>A. brasilense</i>	<i>R. tropici</i>	<i>A. brasilense + R. tropici</i>
R	4,23Da	4,89CDa	6,76ABa	5,79BCa	7,38Aa
75% R	4,82Ba	4,56Ba	6,42Aa	6,37Aa	5,50ABb

Teor de nitrogênio foliar em 2012 (g kg⁻¹)					
	Forma de fornecimento de nitrogênio				
	T-40	T-80	<i>A. brasilense</i>	<i>R. tropici</i>	<i>A. brasilense + R. tropici</i>
R	36,59Aa	36,21Ab	37,89Aa	37,40Aa	36,45Aa
75% R	36,33Ba	45,48Aa	39,36Ba	37,70Ba	37,36Ba

Teor de nitrogênio foliar em 2013 (g kg⁻¹)					
	Forma de fornecimento de nitrogênio				
	T-40	T-80	<i>A. brasilense</i>	<i>R. tropici</i>	<i>A. brasilense + R. tropici</i>
R	52,76ABa	56,86Aa	52,94ABa	54,06ABa	51,19Bb
75% R	51,19Ba	54,29ABa	52,20ABa	53,92ABa	55,90Aa

¹ R = Recomendada; 75% R = 75% da recomendada

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade (P<0,05).

Fonte: Elaboração da própria autora.

Nos dois anos de cultivo, houve efeito significativo da interação entre a forma de fornecimento de nitrogênio e a lâmina de irrigação para o teor de nitrogênio foliar (Tabela 3). Avaliando a forma de fornecimento de nitrogênio dentro da lâmina recomendada em 2012, não se observou diferenças entre os tratamentos, por outro lado, na lâmina de 75% da recomendada, a testemunha com aplicação de 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura foi capaz de proporcionar superior teor de nitrogênio. Observando lâmina de irrigação dentro de forma de fornecimento de nitrogênio, nota-se que a aplicação de 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura com a lâmina recomendada resultou em menor teor de nitrogênio foliar em relação a lâmina de 75% da recomendada (Tabela 4). Esse resultado pode estar relacionado ao maior volume de água irrigado acrescido da precipitação resultar em maior lixiviação do nutriente. Hungria, Nogueira e Araujo (2013) 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 para o teor de nitrogênio da parte aérea.

No desdobramento da interação forma de disponibilidade de nitrogênio dentro de lâmina de irrigação, para o teor de N foliar no ano de 2013, verifica-se que na lâmina recomendada, a testemunha sem inoculação com aplicação de 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura promoveu o maior valor que, no entanto, não diferiu da inoculação das sementes com *Azospirillum*, com *Rhizobium* e testemunha sem inoculação com 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura. Na lâmina de 75% da recomendada, a co-inoculação resultou em maior teor de nitrogênio e não foi estatisticamente diferente da aplicação de 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura, inoculação com *A. brasilense* e inoculação com *R. tropici*. Quanto à lâmina de irrigação dentro de forma de disponibilidade de nitrogênio, a co-inoculação com a lâmina recomendada proporcionou menor teor de nitrogênio foliar do que a lâmina de 75% da recomendada (Tabela 4). Em contraposição aos resultados obtidos nesse trabalho, Veronezi et al. (2012) ao avaliar o teor de nitrogênio foliar em feijoeiro em condições controladas de casa de vegetação, em função da testemunha sem inoculação, testemunha nitrogenada, inoculação com rizóbio e co-inoculação não verificaram diferenças. Pelegrin et al. (2009) ao analisar o efeito das doses de 40 e 80 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia e a inoculação de *Rhizobium tropici* combinada ou não com aplicação de 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura não verificaram diferenças no teor de nitrogênio da parte aérea.

4.1.2 MASSA SECA DA RAIZ, NÚMERO DE NÓDULOS E MASSA SECA DOS NÓDULOS

Nos dois anos experimentais, a interação entre forma de fornecimento de nitrogênio e lâmina de irrigação foi significativa para a massa seca da raiz (Tabela 5). Observando a forma de fornecimento de nitrogênio dentro de lâmina de irrigação em 2012 (Tabela 6), verifica-se que na lâmina recomendada a co-inoculação e *A. brasilense* tiveram a maior massa seca de raiz, mas não foram diferentes da testemunha com 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura e *R. tropici*, e na lâmina de 75% da recomendada não houve diferenças quanto a forma de fornecimento de nitrogênio. Em relação ao desdobramento de lâmina de irrigação dentro de forma de fornecimento de nitrogênio, nota-se que na co-inoculação, a utilização de 75% da lâmina recomendada diminuiu a massa seca da raiz de maneira significativa (Tabela 6). De maneira semelhante ao que ocorreu neste experimento, Souza et al. (2012) e Matoso (2012) não verificaram diferenças entre a presença ou ausência do inoculante rizobiano sobre a massa

seca da raiz. Dardanelli et al. (2008) relataram maior massa seca da raiz com a co-inoculação em condições normais de salinidade, e em condição de estresse salino a co-inoculação e a inoculação com *Azospirillum brasilense* foram capazes de proporcionar maior massa seca de raiz.

Tabela 5 – Massa seca de raiz (MSR), número de nódulos (NN) e massa seca dos nódulos (MSN) de feijão Pérola em função da forma de fornecimento de nitrogênio e lâminas de irrigação. Selvíria-MS, 2012 e 2013.

Tratamentos	MSR (g planta ⁻¹)		NN (n° planta ⁻¹)		MSN (g)	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013
FORMA DE FORNECIMENTO DE NITROGÊNIO						
T - 40 kg ha ⁻¹ N em cobertura	0,44	0,46	12,80	19,55b	0,069	0,030b
T - 80 kg ha ⁻¹ N em cobertura	0,47	0,77	15,75	20,26b	0,060	0,021b
<i>Azospirillum brasilense</i>	0,53	0,45	13,55	31,80b	0,073	0,025b
<i>Rhizobium tropici</i>	0,50	0,43	15,85	19,32b	0,071	0,021b
<i>A. brasilense</i> + <i>R. tropici</i>	0,55	0,48	15,47	48,12a	0,083	0,059a
DMS	0,13	0,10	4,18	15,16	0,032	0,027
LÂMINA DE IRRIGAÇÃO						
Recomendada	0,51	0,52	14,70	24,81	0,068	0,027
75% da Recomendada	0,49	0,51	14,67	30,81	0,074	0,036
DMS	0,06	0,05	1,83	6,66	0,014	0,012
F						
Forma de Forn. de N (FFN)	2,43 ^{ns}	34,82 ^{**}	2,08 ^{ns}	12,45 ^{**}	1,16 ^{ns}	6,21 ^{**}
Lâmina de Irrigação (L)	0,56 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,00 ^{ns}	3,59 ^{ns}	0,85 ^{ns}	2,57 ^{ns}
(FFN) x (L)	2,99 [*]	3,98 [*]	1,94 ^{ns}	2,27 ^{ns}	1,35 ^{ns}	0,08 ^{ns}
Blocos (B)	0,72 ^{ns}	1,22 ^{ns}	1,39 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,13 ^{ns}
Média	0,50	0,52	14,68	27,81	0,071	0,031
CV (%)	14,73	11,47	16,29	31,23	26,07	50,34

** , * e ^{ns} – significativos a 1 e 5 % de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente;

Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade (P<0,05); D.M.S. – diferença mínima significativa; C.V. – coeficiente de variação.

Fonte: Elaboração da própria autora.

O desdobramento de forma de fornecimento de nitrogênio dentro de lâmina de irrigação sobre a massa seca de raiz do ano de 2013 apresentou superior desenvolvimento radicular para o tratamento testemunha com 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura nas duas lâminas avaliadas. Quanto a lâmina dentro de forma de fornecimento de nitrogênio, a utilização da lâmina recomendada associada a testemunha com 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura e da lâmina de 75% da recomendada associada a co-inoculação resultaram em menor valor de massa seca de raiz (Tabela 6). A maior massa seca de raiz proporcionada pela aplicação de 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura pode ser atribuída ao fato do fertilizante estar mais prontamente disponível as plantas contribuindo para um maior crescimento inicial.

Já o fato da menor lâmina proporcionar maior massa seca de raiz pode ter ocorrido em função do menor volume de água irrigada, que acrescido da precipitação, poderia resultar menor lixiviação do nutriente.

Tabela 6 - Desdobramento das interações significativas entre forma de fornecimento de nitrogênio e lâmina de irrigação para massa seca de raiz em 2012 e 2013 de feijoeiro cultivar Pérola. Selvíria-MS, 2012 e 2013.

Lâminas ¹	Massa seca de raiz em 2012 (g planta ⁻¹)				
	Forma de fornecimento de nitrogênio				
	T-40	T-80	<i>A. brasilense</i>	<i>R. tropici</i>	<i>A. brasilense</i> + <i>R. tropici</i>
R	0,40Ba	0,47ABa	0,58Aa	0,46ABa	0,63Aa
75% R	0,48Aa	0,46Aa	0,48Aa	0,54Aa	0,48Ab

Lâminas ¹	Massa seca de raiz em 2013 (g planta ⁻¹)				
	Forma de fornecimento de nitrogênio				
	T-40	T-80	<i>A. brasilense</i>	<i>R. tropici</i>	<i>A. brasilense</i> + <i>R. tropici</i>
R	0,45Ba	0,70Ab	0,47Ba	0,44Ba	0,55Ba
75% R	0,46Ba	0,84Aa	0,42Ba	0,42Ba	0,42Bb

¹ R = Recomendada; 75% R = 75% da recomendada

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade (P<0,05).

Fonte: Elaboração da própria autora.

O número de nódulos e a massa seca dos nódulos não foram influenciados pelos tratamentos em 2012, porém em 2013 a forma de fornecimento de nitrogênio resultou em diferença significativa a 1% (Tabela 5). A inoculação das sementes com *A. brasilense* + *R. tropici* aumentou de forma significativa o número e a massa seca dos nódulos no ano de 2013 (Tabela 5). Hungria, Nogueira e Araujo (2013) ao avaliar o efeito da co-inoculação com rizóbio e *Azospirillum* no feijão cultivar IPR-Colibri também obtiveram maior número e massa seca dos nódulos com a co-inoculação em relação aos tratamentos: a) não inoculado e sem fertilizante nitrogenado, b) não inoculado + 20 kg ha⁻¹ de N na base e 60 kg ha⁻¹ de N em cobertura, e c) com inoculação com *Azospirillum*; porém diferente do que ocorreu neste experimento, a inoculação apenas com *Rhizobium* também resultou em maior massa seca e número de nódulos e não diferiu da co-inoculação. Burdman, Kigel e Okon (1997), estudando o efeito da co-inoculação em sementes de feijão, cv. Bulgarian, em condições de laboratório, obtiveram significativo aumento no número de nódulos com a co-inoculação de *Rhizobium* e *Azospirillum* em relação a inoculação de *Rhizobium* sozinho. Esse efeito pode ocorrer devido ao fato de *Azospirillum* quando associado a *Rhizobium* produzir mais sinais flavonóides (DARDANELLI et al., 2008), uma importante substância de atração dos rizóbios as raízes do feijoeiro.

De forma geral, os efeitos diferentes entre os dois anos podem ser resultantes do fato de se tratar de fatores (bactérias, fertilizante nitrogenado e planta) bem influenciados pelas condições do meio, principalmente por temperatura e precipitação. Além de existir uma relação complexa entre as bactérias e o solo.

4.1.3 NÚMERO DE VAGENS, NÚMERO DE SEMENTES E NÚMERO DE SEMENTES POR VAGEM

Nos anos de 2012 e 2013, a forma de fornecimento de nitrogênio afetou o número de vagens. Em 2012, o menor número de vagens foi obtido com a testemunha com 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura e com a testemunha com 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura, porém foram estatisticamente semelhantes à inoculação das sementes com *Azospirillum* e a inoculação com *Rhizobium* (Tabela 7). Do mesmo modo, Soares (2012) não observou diferenças no número de vagens de feijão entre o tratamento não inoculado, inoculado com *R. tropici*, inoculado com *R. tropici* e adubado, e apenas adubado na safra de inverno/primavera 2010. Gitti et al. (2012) não obtiveram diferenças entre a inoculação e a não inoculação das sementes de feijão com *Azospirillum brasilense* sobre o número de vagens. No ano de 2013, os tratamentos de co-inoculação e *R. tropici* resultaram em menor número de vagens (Tabela 7). Em 2013, o número de vagens foi influenciado pela lâmina de irrigação, em que a utilização de 75% da lâmina recomendada foi responsável pelo maior valor (Tabela 7). Por outro lado, Soratto et al. (2003) e Arf et al. (2004) não observaram diferenças no número de vagens por planta ao comparar as lâminas: recomendada, 75% da recomendada e 125% da recomendada, no entanto, Pereira et al. (2004) obtiveram aumento do número de vagens com o aumento da lâmina de irrigação.

A forma de fornecimento de nitrogênio influenciou o número de sementes por planta nos dois anos. Em 2012 a co-inoculação resultou em superior número de sementes, que, no entanto foi semelhante a testemunha sem inoculação com 80 kg ha⁻¹ de N, *Azospirillum* e *Rhizobium*. Já em 2013, os tratamentos testemunha sem inoculação com 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura, testemunha sem inoculação com 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura e *A. brasilense* resultaram em maior número de sementes por planta (Tabela 7). Da mesma maneira que ocorreu nos dois anos, Gitti et al. (2012) não verificaram diferenças significativas no número de grãos por planta em função da inoculação com *A. brasilense* e não inoculação. Ferreira et al. (2000) não obtiveram diferenças no número de grãos por planta ao comparar a inoculação de *R. tropici* utilizando a estirpe referência, a testemunha não inoculada e a testemunha não

inoculada e adubada. Bassan et al. (2001) ao avaliar o efeito da inoculação com *R. tropici* em feijão, concluíram que a inoculação diminui o número de sementes por planta. Em relação a lâmina de irrigação, apenas em 2013 um superior número de sementes por planta foi proporcionado por 75% da lâmina recomendada (Tabela 7). Ao avaliar o efeito das lâminas recomendada, 75% da recomendada e 125% da recomendada, Arf et al. (2004) não verificaram diferenças no número de grãos por planta.

Tabela 7 – Número de vagens por planta (NV), número de sementes por planta (NS) e número de sementes por vagem (NSV) de feijão Pérola em função da forma de fornecimento de nitrogênio e lâminas de irrigação. Selvíria-MS, 2012 e 2013.

Tratamentos	NV		NS		NSV	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013
FORMA DE FORNECIMENTO DE NITROGÊNIO						
T - 40 kg ha ⁻¹ N em cobertura	9,34b	12,31a	45,81b	66,87a	4,84	5,43
T - 80 kg ha ⁻¹ N em cobertura	9,31b	11,70a	46,15ab	61,15a	4,96	5,23
<i>Azospirillum brasilense</i>	10,47ab	11,68a	52,72ab	61,47a	5,04	5,25
<i>Rhizobium tropici</i>	10,95ab	9,18b	53,32ab	47,15b	4,88	5,15
<i>A. brasilense</i> + <i>R. tropici</i>	12,17a	8,75b	57,77a	44,66b	4,73	5,12
DMS	1,91	1,93	11,65	10,78	0,36	0,37
LÂMINA DE IRRIGAÇÃO						
Recomendada	10,64	10,21b	51,05	53,33b	4,79b	5,21
75% da Recomendada	10,26	11,24a	51,26	59,18a	4,99a	5,27
DMS	0,85	0,86	5,18	4,79	0,16	0,17
F						
Forma de Forn. de N (FFN)	6,73**	12,24**	3,29*	14,00**	1,80 ^{ns}	1,82 ^{ns}
Lâmina de Irrigação (L)	0,87 ^{ns}	6,15*	0,01 ^{ns}	6,28*	6,93*	0,54 ^{ns}
(FFN) x (L)	0,94 ^{ns}	1,13 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,96 ^{ns}	1,36 ^{ns}
Blocos (B)	0,55 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,30 ^{ns}	1,40 ^{ns}	0,73 ^{ns}
Média	10,45	10,72	51,15	56,26	4,90	5,24
CV (%)	12,51	12,32	15,59	13,12	5,00	4,88

** , * e ^{ns} – significativos a 1 e 5 % de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente;

Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade (P<0,05); D.M.S. – diferença mínima significativa; C.V. – coeficiente de variação.

Fonte: Elaboração da própria autora.

Quanto ao número de sementes por vagem, observa-se que não houve influência da forma de fornecimento de nitrogênio nos dois anos, apenas da lâmina de irrigação no ano de 2012 (Tabela 7), cuja lâmina de 75% da recomendada foi capaz de propiciar maior número de sementes por vagem. Os resultados de forma de fornecimento de nitrogênio corroboram com os obtidos por Araújo et al. (2007) que não encontraram diferenças entre a testemunha sem inoculação, a adubação nitrogenada e a inoculação com *Rhizobium tropici* no número de sementes por vagem. Por outro lado, Soratto et al. (2003) não relataram diferenças no número

de grãos por vagem com as lâminas recomendada, 75% da recomendada e 125% da recomendada. Já Pereira et al. (2004) obtiveram acréscimos significativos no número de grãos por vagem com o aumento da lâmina de irrigação, ao utilizar as lâminas de 75% da recomendada, recomendada e 125% da recomendada.

4.1.4 MASSA DE CEM SEMENTES E PRODUTIVIDADE

Houve efeito significativo da forma de fornecimento de nitrogênio sobre a massa de cem sementes nos dois anos avaliados. No ano de 2012, *R. tropici* resultou em menor massa de sementes em comparação a testemunha com 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura, e em 2013 a menor massa de cem sementes foi obtida com a co-inoculação em relação a testemunha com 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura, testemunha com 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura e *A. brasilense*. A lâmina de irrigação não influenciou a massa de cem sementes nos dois anos (Tabela 8). Ferreira et al. (2000) relataram que não ocorreu influência da inoculação de *R. tropici* estirpe referência (inoculação + 10 kg ha⁻¹ de N na semeadura) na massa de cem grãos em relação a não inoculação sem adubação nitrogenada e a adubação nitrogenada. Kaneko et al. (2010) não verificaram influência da inoculação de *R. tropici* na massa de cem grãos e na produtividade. Os resultados obtidos por Soratto et al. (2003) e Arf et al. (2004) corroboram com os obtidos neste experimento, cuja massa de cem grãos não foi influenciada pelas lâminas de irrigação recomendada e 75% da recomendada.

A produtividade em 2012 e 2013 não foi influenciada pela forma de fornecimento de nitrogênio (Tabela 8). Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Souza, Soratto e Pagani (2011) que, observaram que a produtividade não é influenciada pela inoculação de *Rhizobium tropici* nas sementes e é pouco influenciada pela adubação nitrogenada. Hungria, Campo e Mendes (2003), conduziram experimento durante dois anos com inoculação com *Rhizobium tropici* estirpe PRF 81 (=SEMIA 4080) em feijoeiro cultivar Pérola em Ponta Grossa (PR) e verificaram maior produtividade com a inoculação e controle com adubação nitrogenada em relação ao controle sem adubação no ano de 1999, porém em 2000 não houve diferença.

Da mesma forma que ocorreu neste experimento, Pelegrin et al. (2009) também não observaram diferenças na produtividade entre os tratamentos: inoculação com rizóbio sem aplicação de N; inoculação de rizóbio com aplicação de 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura; aplicação de 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura sem inoculação com rizóbio; aplicação de 40 kg ha⁻¹ de N (20 kg ha⁻¹ na semeadura e 20 kg ha⁻¹ aos 20 dias após a emergência das plantas –

DAE) sem inoculação; e aplicação de 80 kg ha⁻¹ de N (20 kg ha⁻¹ na semeadura, 30 kg ha⁻¹ aos 20 DAE e 30 kg ha⁻¹ aos 40 DAE) sem inoculação com rizóbio. Por outro lado, Hungria, Nogueira e Araújo (2013) ao conduzir cinco experimentos em dois locais (Londrina e Ponta Grossa) por três estações de cultivo (2009, 2010 e 2010/2011) e analisar os dados conjuntamente, obtiveram maior produtividade com a co-inoculação e com a não inoculação associada a adubação nitrogenada em relação ao tratamento não inoculado e não adubado, a inoculação com *Rhizobium* e a aplicação de *Azospirillum* no sulco.

Tabela 8 – Massa de cem sementes (M100) e produtividade (PR) de feijão Pérola em função da forma de fornecimento de nitrogênio e lâminas de irrigação. Selvíria-MS, 2012 e 2013.

Tratamentos	M100 (g)		PR (kg ha ⁻¹)	
	2012	2013	2012	2013
FORMA DE FORNECIMENTO DE NITROGÊNIO				
T - 40 kg ha ⁻¹ N em cobertura	27,71ab	26,47a	2.198	2.301
T - 80 kg ha ⁻¹ N em cobertura	28,87a	26,47a	2.112	2.367
<i>Azospirillum brasilense</i>	28,34ab	26,37a	2.009	2.101
<i>Rhizobium tropici</i>	27,20b	25,93ab	2.343	2.109
<i>A. brasilense</i> + <i>R. tropici</i>	28,32ab	24,63b	2.189	2.143
DMS	1,47	1,44	401	401
LÂMINA DE IRRIGAÇÃO				
Recomendada	27,91	26,02	2.186	2.081b
75% da Recomendada	28,26	25,92	2.154	2.328a
DMS	0,65	0,64	178	178,0
F				
Forma de Forn. de N (FFN)	3,28*	5,05**	1,60 ^{ns}	1,58 ^{ns}
Lâmina de Irigação (L)	1,23 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,13 ^{ns}	8,07**
(FFN) x (L)	1,38 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,07 ^{ns}	1,71 ^{ns}
Blocos (B)	0,06 ^{ns}	0,40 ^{ns}	1,23 ^{ns}	0,42 ^{ns}
Média	28,09	25,97	2.170	2.204
CV (%)	3,59	3,80	12,66	12,44

** , * e ^{ns} – significativos a 1 e 5 % de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente; Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade (P<0,05); D.M.S. – diferença mínima significativa; C.V. – coeficiente de variação.
Fonte: Elaboração da própria autora.

Souza, Soratto e Paganí (2011) verificaram que a produtividade é pouco influenciada pela adubação nitrogenada. Arf et al. (2004) ao utilizar as doses de 0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de N aplicados em cobertura, também concluíram que a adubação nitrogenada em cobertura não afeta a produtividade de grãos do feijoeiro irrigado por aspersão. Em contrapartida, Valderrama et al. (2009) observaram que houve efeito linear crescente na produtividade do feijoeiro em plantio direto com o aumento da dose de nitrogênio, sendo que a maior dose (120 kg ha⁻¹ de N) incrementou em 14,5% (293 kg ha⁻¹ de grãos) em relação a dose zero. Crusciol

et al. (2007) ao avaliar as doses de 0, 30, 60 e 120 kg ha⁻¹ de N em cobertura, concluíram que a adubação nitrogenada proporcionou aumento da produtividade do feijoeiro até a dose estimada de 95 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia. Já para Alvarez et al. (2005), a cultura responde à aplicação de doses de nitrogênio acima de 100 kg ha⁻¹. Soratto, Carvalho e Arf (2004) relataram efeito quadrático na produtividade de grãos à aplicação de N, em sistema de preparo convencional, cuja produtividade máxima foi alcançada com a dose estimada de 129 kg ha⁻¹ de N em cobertura.

Em 2012 a produtividade não foi influenciada pelas lâminas de irrigação, já em 2013, a lâmina de 75% da recomendada resultou em maior produtividade do que a lâmina recomendada (Tabela 8). Semelhante ao que ocorreu em 2012, a produtividade não teve efeito das lâminas de 75% da recomendada e da lâmina recomendada em experimentos conduzidos por Soratto et al. (2003) e Arf et al. (2004).

4.2 Qualidade fisiológica de sementes

4.2.1 TEOR DE ÁGUA ANTES E APÓS O ENVELHECIMENTO ACELERADO

O teor de água das sementes antes e após o teste de envelhecimento acelerado encontra-se na Tabela 9. O teor de água médio antes do envelhecimento acelerado em 2012 foi de 8,3% e em 2013 de 9,2%, observando que nos dois anos, os lotes (tratamentos) apresentaram-se uniformes, portanto, de acordo com Vieira e Krzyzanowski (1999), teores de água uniformes possibilitam resultados uniformes para o teste de condutividade elétrica sem necessidade de fazer a uniformização do teor de água dos lotes. Para Marcos Filho (2005), a verificação da consistência dos resultados do teste de envelhecimento acelerado é efetuada determinando o teor de água das amostras de sementes antes da sua instalação, sendo que deve ser instalado com amostras cujo teor de água não apresente variação superior a 2%, já que as sementes mais úmidas são mais sensíveis as condições do teste, ficando sujeitas a deterioração mais intensa.

Após o teste de envelhecimento acelerado, o teor de água em 2012 foi de 30,9% e em 2013 de 29,8%. Também se pode perceber uniformidade entre os lotes (tratamentos). Os resultados obtidos estão dentro dos padrões estabelecidos por Marcos Filho (2005), em que a diferença tolerada entre as amostras após o teste de envelhecimento acelerado é de 2%. Segundo o autor, o teor de água das sementes ao final do envelhecimento acelerado é um dos principais indicadores da uniformidade das condições do teste.

Tabela 9 - Teor de água (TA) e teor de água após o envelhecimento acelerado (TAEA) de sementes de feijoeiro cultivar Pérola oriundas do cultivo com diferentes formas de fornecimento de nitrogênio e lâminas de irrigação. Ilha Solteira-SP, 2012 e 2013.

Tratamentos	TA (%)		TAEA (%)	
	2012	2013	2012	2013
FORMA DE FORNECIMENTO DE NITROGÊNIO				
T - 40 kg ha ⁻¹ N em cobertura	8,4	9,1	31,4	30,9
T - 80 kg ha ⁻¹ N em cobertura	8,5	9,2	30,0	28,8
<i>Azospirillum brasilense</i>	8,2	9,3	31,5	29,4
<i>Rhizobium tropici</i>	8,2	9,0	30,9	29,1
<i>A. brasilense</i> + <i>R. tropici</i>	8,2	9,2	30,9	30,6
LÂMINA DE IRRIGAÇÃO				
Lâmina recomendada	8,2	9,2	30,8	30,2
75% da Lâmina Recomendada	8,3	9,2	31,0	29,4
Média	8,3	9,2	30,9	29,8

Fonte: Elaboração da própria autora.

4.2.2 GERMINAÇÃO, PRIMEIRA CONTAGEM DE GERMINAÇÃO E EMERGÊNCIA

A germinação média em 2012 foi de 94% e em 2013 de 93%, estando dentro dos padrões comerciais, em que a germinação mínima exigida é de 80% (BRASIL, 2013). A germinação das sementes de feijão não foi influenciada pela forma de fornecimento de nitrogênio nos dois anos de cultivo, porém foi afetada pela lâmina de irrigação em 2012 (Tabela 10). A aplicação de 75% da lâmina de irrigação recomendada no feijoeiro em 2012 resultou em produção de sementes com maior germinação em relação à lâmina recomendada. Bassan et al. (2001) também não verificaram influência da inoculação com *R. tropici* na germinação de sementes do feijoeiro. Da mesma forma, Meira et al. (2005) em experimento com 0, 40, 80, 120, 160, 200 e 240 kg ha⁻¹ de N aplicados em cobertura, não observaram diferenças na germinação de sementes de feijão. Barbosa et al. (2011) não obtiveram diferença na germinação de sementes de feijão com as doses de 0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹ de N. No entanto, Farinelli et al. (2006) relataram respostas a adubação nitrogenada em cobertura, em que as doses 0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N ajustaram-se a uma função crescente, proporcionando aumento linear na germinação das sementes com o aumento das doses de N. Goes et al. (2011) ao avaliar a germinação em função do manejo de irrigação utilizado e doses de nitrogênio em cobertura, não observaram diferenças.

Nos dois anos de cultivo, a primeira contagem de germinação foi afetada pela forma de fornecimento de nitrogênio (Tabela 10). Em 2012, a testemunha com 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura, inoculação com *A. brasilense* e co-inoculação originaram maior porcentagem de

plântulas normais na primeira contagem, em comparação a testemunha com 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura e inoculação com *R. tropici*. Já em 2013, ocorreu diferença apenas entre a testemunha com 40 kg ha⁻¹ de N e co-inoculação, em que a testemunha foi capaz de resultar maior porcentagem de plântulas normais. A lâmina de irrigação não interferiu na primeira contagem de germinação. Diferente do que ocorreu neste experimento, Meira et al. (2005) e Barbosa et al. (2011) em experimento com doses de N aplicados em cobertura, relataram que não ocorreu diferenças na primeira contagem de germinação.

Para a emergência de plântulas, não houve efeito da forma de fornecimento de nitrogênio e lâminas de irrigação (Tabela 10). Da mesma forma, Bassan et al. (2001) também não observaram diferença na emergência em campo com a inoculação com *R. tropici*.

Tabela 10 - Germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG) e emergência em campo (E) de sementes de feijoeiro cultivar Pérola, oriundas do cultivo com diferentes formas de fornecimento de nitrogênio e lâminas de irrigação. Ilha Solteira-SP, 2012 e 2013.

Tratamentos	G (%)		PCG (%)		E (%)	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013
FORMA DE FORNECIMENTO DE NITROGÊNIO						
T - 40 kg ha ⁻¹ N em cobertura	95	95	80a	93a	76	88
T - 80 kg ha ⁻¹ N em cobertura	95	94	68b	90ab	76	89
<i>Azospirillum brasilense</i>	94	94	77a	89ab	77	86
<i>Rhizobium tropici</i>	94	91	65b	86ab	82	83
<i>A. brasilense</i> + <i>R. tropici</i>	95	92	80a	85b	71	83
DMS	4,68	6,3	8,0	7,04	10,84	7,65
LÂMINA DE IRRIGAÇÃO						
Lâmina recomendada	93b	92	73	88	76	84
75% da Lâmina Recomendada	96a	94	76	89	77	87
DMS	2,08	2,8	3,6	3,13	4,81	3,4
F						
Forma de Forn. de N (FFN)	0,23 ^{ns}	1,00 ^{ns}	12,84 ^{**}	3,38 [*]	2,13 ^{ns}	2,16 ^{ns}
Lâmina de Irrigação (L)	5,62 [*]	1,55 ^{ns}	2,60 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,44 ^{ns}	3,74 ^{ns}
(FFN) x (L)	0,96 ^{ns}	0,25 ^{ns}	1,91 ^{ns}	0,21 ^{ns}	2,60 ^{ns}	1,05 ^{ns}
Média	94,3	93,1	74,2	88,7	76,4	86
CV (%)	3,40	4,63	7,4	5,43	9,71	6,10

** , * e ^{ns} – significativos a 1 e 5 % de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente;

Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade (P<0,05); D.M.S. – diferença mínima significativa; C.V. – coeficiente de variação.

Fonte: Elaboração da própria autora.

4.2.3 ENVELHECIMENTO ACELERADO E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

A análise estatística para o teste de envelhecimento acelerado encontra-se na Tabela 11. Não se verificou diferença entre os resultados do teste para nenhum dos fatores avaliados, não evidenciando diferenças no vigor. Bassan et al. (2001) também não obtiveram diferenças no teste de envelhecimento acelerado com a inoculação de *R. tropici*. De forma semelhante, em experimento realizado por Gomes Júnior e Sá (2011), não ocorreu diferenças nos resultados do envelhecimento acelerado com as doses de 0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de N aplicados em cobertura. Meira et al. (2005) e Barbosa et al. (2011) também não observaram efeito de doses de N aplicadas em cobertura no vigor das sementes, obtido com o teste de envelhecimento acelerado.

Para a condutividade elétrica, houve efeito significativo da interação entre forma de fornecimento de nitrogênio e lâminas de irrigação (Tabela 11). Este teste estabelece que sementes menos vigorosas, ou seja, mais deterioradas, liberam maiores quantidades de solutos durante a embebição, devido a menor velocidade de restabelecimento da integridade das membranas celulares durante este período e, portanto, originam leituras superiores (MARCOS FILHO, 2005).

Tabela 11 - Teste de envelhecimento acelerado (EA) e condutividade elétrica (CE) de sementes de feijoeiro cultivar Pérola oriundas do cultivo com diferentes formas de fornecimento de nitrogênio e lâminas de irrigação. Ilha Solteira-SP, 2012 e 2013.

Tratamentos	EA (%)		CE ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$)	
	2012	2013	2012	2013
FORMA DE FORNECIMENTO DE NITROGÊNIO				
T - 40 kg ha ⁻¹ N em cobertura	96	93	52,59	79,50
T - 80 kg ha ⁻¹ N em cobertura	96	92	53,32	69,29
<i>Azospirillum brasilense</i>	94	92	52,76	79,17
<i>Rhizobium tropici</i>	96	96	61,14	81,56
<i>A. brasilense</i> + <i>R. tropici</i>	97	95	55,91	80,36
DMS	4,15	4,56	8,30	7,5
LÂMINA DE IRRIGAÇÃO				
Lâmina recomendada	96	93	53,48	80,17
75% da Lâmina Recomendada	95	94	56,81	75,79
DMS	1,84	2,02	3,69	3,33
F				
Forma de Forn. de N (FFN)	1,73 ^{ns}	2,44 ^{ns}	3,22*	7,42**
Lâmina de Irrigação (L)	0,61 ^{ns}	1,03 ^{ns}	3,44 ^{ns}	7,27*
(FFN) x (L)	0,73 ^{ns}	1,67 ^{ns}	3,85*	4,74**
Média	96	94	55,1	77,98
CV (%)	2,97	3,34	10,31	6,58

** , * e ^{ns} – significativos a 1 e 5 % de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente; Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade (P<0,05); D.M.S. – diferença mínima significativa; C.V. – coeficiente de variação.
Fonte: Elaboração da própria autora.

O desdobramento de forma de fornecimento de nitrogênio dentro de lâmina de irrigação para a condutividade elétrica em 2012 revelou que, na lâmina recomendada não ocorreu diferença entre as formas de fornecimento de nitrogênio, enquanto que na lâmina de 75% da recomendada, a testemunha com 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura e a inoculação de *A. brasilense* originaram sementes mais vigorosas, mas não diferiram da testemunha com 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura e co-inoculação. Em relação ao desdobramento de lâminas de irrigação dentro de forma de fornecimento de nitrogênio, a testemunha com 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura associada a 75% da lâmina recomendada, a testemunha com de 80 kg de N ha⁻¹ em cobertura e a inoculação com *R. tropici* associadas a lâmina recomendada foram capazes de produzir sementes mais vigorosas (Tabela 12).

Tabela 12 - Desdobramento das interações significativas entre forma de fornecimento de nitrogênio e lâmina de irrigação para condutividade elétrica em 2012 e 2013 de sementes de feijoeiro cultivar Pérola. Ilha Solteira-SP, 2012 e 2013.

Condutividade elétrica em 2012 ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$)					
Lâminas ¹	Forma de fornecimento de nitrogênio				
	T-40	T-80	<i>A. brasilense</i>	<i>R. tropici</i>	<i>A. brasilense</i> + <i>R. tropici</i>
R	57,08Ab	48,81Aa	52,04Aa	55,58Aa	53,88Aa
75% R	48,10Aa	57,83ABb	53,48Aa	66,70Bb	57,94ABa

Condutividade elétrica em 2013 ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$)					
Lâminas ¹	Forma de fornecimento de nitrogênio				
	T-40	T-80	<i>A. brasilense</i>	<i>R. tropici</i>	<i>A. brasilense</i> + <i>R. tropici</i>
R	84,72BCb	71,59Aa	74,55ABa	85,81Cb	84,16BCb
75% R	74,28ABa	66,99Aa	83,80Bb	77,31ABa	76,56ABa

¹ R = Recomendada; 75% R = 75% da recomendada

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade (P<0,05).

Fonte: Elaboração da própria autora.

Em 2013, no desdobramento de forma de fornecimento de nitrogênio dentro de lâmina de irrigação para a condutividade elétrica, na lâmina recomendada, verificou-se que a aplicação de 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura (testemunha) resultou em maior vigor e estatisticamente foi semelhante a *A. brasilense*, e diferente das demais formas de fornecimento de nitrogênio. Já na lâmina de 75% da recomendada, a aplicação de 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura (testemunha) também proporcionou maior vigor diferindo apenas de *A. brasilense*. Ao observar o desdobramento de lâmina de irrigação dentro de forma de disponibilidade de nitrogênio, nota-se que a testemunha com 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura, *R.*

tropici e co-inoculação associados com 75% da lâmina recomendada e *A. brasilense* associado com a lâmina recomendada obtiveram menor valor de condutividade elétrica, portanto maior vigor (Tabela 12). Por outro lado, Farinelli et al. (2006) e Barbosa et al. (2011) não verificaram efeito de doses de nitrogênio em cobertura sobre a condutividade elétrica de sementes de feijão.

4.2.4 COMPRIMENTO E MASSA SECA DE PLÂNTULAS

O comprimento de plântulas e a massa seca de plântulas foram influenciados pela interação entre forma de fornecimento de nitrogênio e lâminas de irrigação nos dois anos experimentais (Tabela 13).

Tabela 13 - Comprimento de plântulas (CP) e massa seca de plântulas (MS) de sementes de feijoeiro cultivar Pérola oriundas do cultivo com diferentes formas de fornecimento de nitrogênio e lâminas de irrigação. Ilha Solteira-SP, 2012 e 2013.

Tratamentos	CP (mm plântula ⁻¹)		MS (mg plântula ⁻¹)	
	2012	2013	2012	2013
FORMA DE FORNECIMENTO DE NITROGÊNIO				
T - 40 kg ha ⁻¹ N em cobertura	85,0	112,8	20	30
T - 80 kg ha ⁻¹ N em cobertura	89,0	108,6	26	31
<i>Azospirillum brasilense</i>	80,7	96,7	21	27
<i>Rhizobium tropici</i>	87,7	98,6	21	28
<i>A. brasilense</i> + <i>R. tropici</i>	77,9	92,6	20	25
DMS	14,99	17,64	3,40	4,20
LÂMINA DE IRRIGAÇÃO				
Lâmina recomendada	87,4	99,1	22	28
75% da Lâmina Recomendada	80,7	104,6	21	29
DMS	6,66	7,83	1,51	1,87
F				
Forma de Forn. de N (FFN)	1,66 ^{ns}	3,94*	8,01**	5,92**
Lâmina de Irrigação (L)	4,28*	2,07 ^{ns}	1,50 ^{ns}	0,74 ^{ns}
(FFN) x (L)	3,69*	2,88*	6,31**	3,46*
Média	84,0	101,8	21,55	28,25
CV (%)	12,21	11,86	10,81	10,18

** , * e ^{ns} – significativos a 1 e 5 % de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente; Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade (P<0,05); D.M.S. – diferença mínima significativa; C.V. – coeficiente de variação.
Fonte: Elaboração da própria autora.

No desdobramento de forma de fornecimento de nitrogênio dentro de lâminas de irrigação para o comprimento de plântulas em 2012, na lâmina recomendada, a inoculação

com *R. tropici* resultou maior vigor em relação a inoculação com *A. brasilense* e não diferente dos demais, enquanto que na lâmina de 75% da recomendada, não se obteve diferenças. Já o desdobramento de lâminas de irrigação dentro da forma de fornecimento de nitrogênio, a inoculação com *A. brasilense* associada à lâmina recomendada e a inoculação com *R. tropici* e a co-inoculação associadas a 75% da lâmina recomendada reduziram o comprimento das plântulas (Tabela 14).

Analisando o desdobramento de forma de fornecimento de nitrogênio dentro de lâminas de irrigação para o comprimento de plântulas em 2013, verifica-se que na lâmina recomendada, a testemunha com 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura obteve maior vigor e foi diferente apenas da co-inoculação. Na lâmina de 75% da recomendada, a testemunha com 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura apresentou o maior valor, que, no entanto, não foi diferente da testemunha com 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura e co-inoculação. Observando lâmina de irrigação dentro de forma de disponibilidade de nitrogênio, nota-se que na co-inoculação a lâmina de 75% da recomendada resultou em maior comprimento de plântulas em comparação com a lâmina recomendada (Tabela 14).

Tabela 14 - Desdobramento das interações significativas entre forma de fornecimento de nitrogênio e lâmina de irrigação para o teste de comprimento de plântulas em 2012 e 2013 de sementes de feijoeiro cultivar Pérola. Ilha Solteira-SP, 2012 e 2013.

Lâminas ¹	Comprimento de plântulas em 2012 (mm plântula ⁻¹)				
	Forma de fornecimento de nitrogênio				
	T-40	T-80	<i>A. brasilense</i>	<i>R. tropici</i>	<i>A. brasilense</i> + <i>R. tropici</i>
R	90,7ABa	90,7ABa	72,7Bb	96,5Aa	86,5ABa
75% R	79,3Aa	87,3Aa	88,7Aa	78,9Ab	69,3Ab
Lâminas ¹	Comprimento de plântulas em 2013 (mm plântula ⁻¹)				
	Forma de fornecimento de nitrogênio				
	T-40	T-80	<i>A. brasilense</i>	<i>R. tropici</i>	<i>A. brasilense</i> + <i>R. tropici</i>
R	106,0Aa	104,4ABa	100,9ABa	103,5ABa	80,7Bb
75% R	119,6Aa	112,8ABa	92,5Ba	93,6Ba	104,5ABa

¹ R = Recomendada; 75% R = 75% da recomendada

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade (P<0,05).

Fonte: Elaboração da própria autora.

Observando a forma de fornecimento de nitrogênio dentro de lâmina de irrigação para a massa seca de plântulas em 2012, nota-se que na lâmina recomendada, o maior valor foi obtido com a aplicação de 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura (testemunha), porém foi semelhante a testemunha com 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura, *R. tropici* e co-inoculação. Na lâmina de 75%

da recomendada, também se obteve maior valor com a aplicação de 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura (testemunha), não apresentando diferença de *A. brasilense*. Quanto a lâmina de irrigação dentro de forma de fornecimento de nitrogênio, a inoculação de *A. brasilense* com 75% da lâmina recomendada e inoculação com *R. tropici* e co-inoculação com a lâmina recomendada apresentaram superior valor de massa seca de plântulas em 2012 (Tabela 15).

Na massa seca de plântulas em 2013, a forma de fornecimento de nitrogênio dentro da lâmina recomendada obteve menor valor para a co-inoculação em comparação a testemunha com 40 kg ha⁻¹ de N, testemunha com 80 kg ha⁻¹ de N e *R. tropici*, e, na lâmina de 75% da recomendada não houve diferença entre os tratamentos de forma de fornecimento de nitrogênio. Ao observar a lâmina de irrigação dentro de forma de fornecimento de nitrogênio, verifica-se que a co-inoculação associada a lâmina de 75% da recomendada apresentou maior massa seca de plântulas em 2013 do que em associação a lâmina recomenda.

Tabela 15 - Desdobramento das interações significativas entre forma de fornecimento de nitrogênio e lâmina de irrigação para a massa seca de plântulas em 2012 e 2013 de sementes de feijoeiro cultivar Pérola. Ilha Solteira-SP, 2012 e 2013.

Massa seca de plântulas em 2012 (mg plântula⁻¹)					
Lâminas¹	Forma de fornecimento de nitrogênio				
	T-40	T-80	<i>A. brasilense</i>	<i>R. tropici</i>	<i>A. brasilense</i> + <i>R. tropici</i>
R	20,6ABa	24,4Aa	19,4Bb	22,7ABa	23,0ABa
75% R	20,0BCa	27,0Aa	23,0ABa	18,4BCb	17,2Cb

Massa seca de plântulas em 2013 (mg plântula⁻¹)					
	Forma de fornecimento de nitrogênio				
	T-40	T-80	<i>A. brasilense</i>	<i>R. tropici</i>	<i>A. brasilense</i> + <i>R. tropici</i>
R	29,0Aa	31,8Aa	27,3ABa	29,4Aa	21,8Bb
75% R	30,7Aa	31,0Aa	25,8Aa	26,9Aa	28,7Aa

¹ R = Recomendada; 75% R = 75% da recomendada

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade (P<0,05).

Fonte: Elaboração da própria autora.

Portanto, de maneira geral, o cultivo do feijoeiro com aplicação de 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura sem inoculação proporciona qualidade fisiológica de sementes satisfatória, não havendo a necessidade de aplicação de maiores doses de nitrogênio e inoculação com *R. tropici*, inoculação com *A. brasilense* e co-inoculação com *R. tropici* e *A. brasilense*. Ainda, nas condições desse experimento, sementes de feijoeiro podem ser produzidas com a lâmina de 75% da recomenda, sem resultar em diminuição da sua qualidade.

5 CONCLUSÕES

A co-inoculação de *R. tropici* e *A. brasilense*, a inoculação de *R. tropici*, a inoculação de *A. brasilense* associadas a 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura e a testemunha sem inoculação com aplicação de 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura não proporcionam acréscimos de produtividade em relação a testemunha sem inoculação com 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura.

A utilização de 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura é suficiente para obter produtividade em torno de 2.200 kg ha⁻¹ em feijoeiro de inverno irrigado.

Considerando-se as condições de desenvolvimento do experimento, a utilização de 75% da lâmina recomendada proporciona produtividade semelhante ou maior do que a lâmina recomendada em feijoeiro de inverno.

Obtém-se boa qualidade fisiológica de sementes com a aplicação de 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura e com 75% da lâmina recomendada.

REFERÊNCIAS

- ABREU, Â. F. B. Introdução e Importância Econômica. In: EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Cultivo do feijão da primeira e segunda safras na Região Sul de Minas Gerais**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa, 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoPrimSegSafraSulMG/index.htm>>. Acesso em: 9 jan. 2012.
- ALVAREZ, A. C. C.; ARF, O.; ALVAREZ, R. C. F.; PEREIRA, J. C. R. Resposta do feijoeiro à aplicação de doses e fontes de nitrogênio em cobertura no sistema de plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 69-75, 2005.
- ALVES, A. F.; ANDRADE, M. J. B.; RODRIGUES, J. R. M., VIEIRA, N. M. B. Densidades populacionais para cultivares alternativas de feijoeiro no norte de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 6, p. 1495-1502, 2009.
- AMBROSANO, E. J.; WUTKE, E. B.; BULISANI, E. A.; CANTARELLA, H. Feijão. In: RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, Â. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação- IAC, 1997. p. 194-195.
- ARAÚJO, F. F.; 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.
- ARF, O. Importância da adubação na qualidade do feijão e caupi. In: SÁ, M.E.; BUZETTI, S. (Coords.) **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p. 233-247.
- ARF, M. V.; BUZETTI, S.; ARF, O.; KAPPES, C.; FERREIRA, J. P.; GITTI, D. C. YAMAMOTO, C. J. Fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em feijoeiro de inverno sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 430-438, 2011.
- ARF, O.; FORNASIERI FILHO, D.; MALHEIROS, E. B.; SATTO, S. M. T. Efeito da inoculação e adubação nitrogenada em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivar Carioca 80: 1. Solo de alta fertilidade. **Científica**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 29-38, 1991.
- ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S.; NASCIMENTO, V. Manejo do solo, água e nitrogênio no cultivo de feijão. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 2, p. 131-138, 2004.
- ASSMANN, M. M.; FERNANDES, G. L.; MARTINS, N. M.; COLMAN, B. A.; MERCANTE, F. M. Efeito da co-inoculação de diferentes rizóbios e *Azospirillum brasilense* na nodulação e no crescimento do feijoeiro. In: JORNADA DE INICIAÇÃO À PESQUISA DA EMBRAPA, 2., 2013, Dourados. **Anais...** Dourados: Embrapa, 2013. p. 1.

ÁVILA, M. R.; BARIZÃO, D. A. O.; GOMES, E. P.; FEDRI, G.; ALBRECHT, L. P. Cultivo do feijoeiro no outono/inverno associado à aplicação de bioestimulante e adubo foliar na presença e ausência de irrigação. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 11, n. 3, p. 221-230, 2010.

BÁRBARO, I. M.; BRANCALIÃO, S. R.; TICELLI, M.; MIGUEL, F. B.; SILVA, J. A. A. **Técnica alternativa**: co-inoculação de soja com *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* visando incremento de produtividade. [S. l.: s.n.], 2008. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2008_4/coinoculacao/index.htm>. Acesso em: 4 jan. 2012.

BARBOSA, F. R.; GONZAGA, A. C. O. (Ed.) **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira: 2012-2014**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. 247 p. (Documentos / Embrapa Arroz e Feijão)

BARBOSA, R. M.; COSTA, D. S.; HOMEM, B. F. M.; SÁ, M. E. Nitrogênio na produção e qualidade de sementes de feijão. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 470-474, 2011.

BASHAN, Y.; BASHAN, L.E. de. Bacteria/Plant Growth-Promoting. In: HILLEL, D. (Ed.) **Encyclopedia of soils in the environment**. Oxford: Elsevier, 2005. v.1, p. 103-115.

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G. *Azospirillum* - plant relationships: environmental and physiological advances (1990-1996). **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 43, n. 2, p. 103-121, 1997.

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**, Brasília, DF, v. 23, n. 1, p. 76-83, 2001.

BENINTENDE, S.; UHRICH, W.; HERRERA, M.; GANGGE, F.; STERREN, M.; BENINTENDE, M. Comparación entre coinoculación com *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense* e inoculación simple con *Bradyrhizobium japonicum* en la nodulación, crecimiento y acumulación de N en el cultivo de soja. **Agriscientia**, Córdoba, v. 27, n. 2, p. 71-77, 2010.

BORÉM, A.; CARNEIRO, J. E. S. A cultura. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Ed.) **Feijão**. Viçosa: Ed. UFV, 2006. p. 13-18.

BRASIL. Instrução Normativa, n. 45, de 17 de setembro de 2013. Estabelece normas específicas e padrões de identidade e qualidade para a produção e comercialização de sementes de grandes culturas. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, de 18 de setembro de 2013. Seção 1, p. 16 .

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 399 p. Secretaria de Defesa Agropecuária.

BURDMAN, S.; KIGEL, J.; OKON, Y. Effects of *Azospirillum brasilense* on nodulation and growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Soil Biol. Biochem.**, Elmsford, v. 29, n. 5-6, p. 923-929, 1997.

CARLESSO, R.; JADOSKI, S. O.; MAGGI, M. F.; PETRY, M.; WOLSHICK, D. Efeito da lâmina de irrigação na senescência foliar do feijoeiro. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 4, p. 545-556, 2007.

CARVALHO, M. A. C.; FURLANI JUNIOR, E.; ARF, O.; SÁ, M. E.; PAULINO, H. B.; BUZETTI, S. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila em feijoeiro **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 445-450, 2003.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. (Ed.) **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: Funep, 2012. 590 p.

CASSÁN, F.; SGROY, V.; PERRIG, D.; MASCIARELLI, O.; LUNA, V. Producción de fitohormonas por *Azospirillum* sp. Aspectos fisiológicos y tecnológicos de la promoción del crecimiento vegetal. In: CASSÁN, F. D.; SALAMONE, I. G. de (Ed.) **Azospirillum sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina**. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p. 61-86.

CASSÁN, F.; PERRIG, D.; SGROY, V.; MASCIARELLI, O.; PENNA, C.; LUNA, V. *Azospirillum brasilense* Az39 and *Bradyrhizobium japonicum* E109, inoculated singly or in combination, promote seed germination and early seedling growth in corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.). **European Journal of Soil Biology**, Braunschweig, v. 45, n. 1, p. 28-35, 2009.

CASSINI, S. T. A.; FRANCO, M. C. Fixação biológica de nitrogênio: microbiologia, fatores ambientais e genéticos. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, J.; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão**. Viçosa: UFV, 2006. p. 143-170.

CENTURION, J. F. Balanço hídrico da região de Ilha Solteira. **Científica**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 57-61, 1982.

COMISSÃO TÉCNICA SUL-BRASILEIRA DE FEIJÃO - CTSBF. **Informações técnicas para o cultivo de feijão na Região Sul brasileira**. 2. ed. Florianópolis: Epagri, 2012. 157 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – Conab. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: 2012/2013, décimo segundo levantamento**. Brasília, DF: Conab, 2013. 29 p. Disponível em: <www.conab.gov.br> Acessado em: 4 jul. 2013.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, primeiro levantamento, outubro 2012**. Brasília, DF: Conab, 2012. 36 p.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; SILVA, L. M.; LEMOS, L. B. Fontes e doses de nitrogênio para o feijoeiro em sucessão a gramíneas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1545-1552, 2007.

CUNHA, P. C. R.; SILVEIRA, P. M.; NASCIMENTO, J. L.; ALVES JÚNIOR, J. Manejo da irrigação no feijoeiro cultivado em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 7, p. 735–742, 2013.

DARDANELLI, M. S.; CÓRDOBA, F. J. F. de; ESPUNY, M. R.; CARVAJAL, M. A. R.; DÍAZ, M. E. S.; SERRANO, A. M. G.; OKON, Y.; MEGÍAS, M. Effect of *Azospirillum brasilense* coinoculated with *Rhizobium* on *Phaseolus vulgaris* flavonoids and Nod factor production under salt stress. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 40, n. 11, p. 2713-2721, 2008.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A. H. **Yield response to water**. Roma: FAO, 1979. 193 p. (Irrigation and Drainage, 33)

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Las necesidades de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 1976. 193 p.

DROZDOWICZ, A. Bactérias do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. (Ed.) **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. p. 17-60.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa-SPI, 2006. 306 p.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de feijão**. 2. ed. Piracicaba: Livroceres, 2007. 386 p.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B.; CAVARIANI, C.; NAKAGAWA, J. Produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijão em função de sistemas de manejo de solo e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 28, n. 2, p. 102-109, 2006.

FERLINI, H. A. **Co-Inoculación en Soja (*Glycine max*) con *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense***. [S.l.: s.n.], 2006. Disponível em: <http://www.engormix.com/co_inoculacion_soja_glycine_s_articulos_800_AGR.htm>. Acesso: 10 jan. 2012.

FERNANDEZ, F.; GEPTS, P.; LOPES, M. **Etapas de desarrollo de la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1986. 34 p.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, A. N.; ARF, O.; CARVALHO, M. A. C.; ARAÚJO, R. S.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S. Estirpes de *Rhizobium tropici* na inoculação do feijoeiro. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 507-512, 2000.

FIGUEIREDO, M. A. **Inoculação com *Rhizobium* spp. e adubações nitrogenada e molibdica no feijoeiro-comum**. 2012. 100 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION-FAO. **Faostat 2012**: production crops. [S.l.: s.n.], 2012. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>> Acesso em: 13 jan. 2014.

GERMAN, M. A.; BURDMAN, S.; OKON, Y.; KIGEL, J. Effects of *Azospirillum brasilense* on root morphology of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under different water regimes. **Biology and Fertility of Soils**, Firenze, v. 32, n. 3, p. 259-264, 2000.

GITTI, D. C.; ARF, O.; KANEKO, F. H.; RODRIGUES, R. A. F.; BUZETTI, S.; PORTUGAL, J. R.; CORSINI, D. C. D. C. Inoculação de *Azospirillum brasilense* em cultivares de feijões cultivados no inverno. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 5, n.15, p. 36-46, 2012.

GOES, R. J.; LOPES, A. S.; BARBOSA, A. S.; SOUTO FILHO, S. N. Nitrogênio em cobertura e manejos de irrigação na qualidade fisiológica de sementes de feijão. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA- ENIC, 7., 2011, Dourados. **Anais...** Dourados: UEMS, 2011.

GOMES JÚNIOR, F. G.; SÁ, M. E. Proteína e qualidade de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em função da adubação nitrogenada em plantio direto. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 34-44, 2010.

GOMES, E. P.; BISCARO, G. A.; ÁVILA, M. R.; LOOSLI, F. S.; VIEIRA, C. V.; BARBOSA, A. P. Desempenho agrônômico do feijoeiro comum de terceira safra sob irrigação na região Noroeste do Paraná. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 3, p. 899-910, 2012.

GRASSI FILHO, H. Funções do nitrogênio e enxofre nas plantas. In: VALE, D. W.; SOUSA, J. I.; PRADO, R. M. **Manejo da fertilidade do solo e nutrição de plantas**. Jaboticabal: FCAV, 2010. p. 187-197.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja. 2001. 48 p. (Circular Técnica)

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. Benefits of inoculation of the common bean (*Phaseolus vulgaris*) crop with efficient and competitive *Rhizobium tropici* strains. **Biology and Fertility of Soils**, Firenze, v. 39, n. 2, p. 88-93, 2003.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja**: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80 p. (Documentos, 283)

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, Crawley, v. 331, n. 1, p. 413-425, 2010.

HUNGRIA, M.; MENDES, I. C.; MERCANTE, F. M. **Tecnologia de fixação biológica de nitrogênio com feijoeiro**: viabilidade em pequenas propriedades familiares e em propriedades tecnificadas. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 32 p.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A. Efeitos da co-inoculação. **Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, v. 170, n. 1, p. 40-41, 2013.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Co-inoculation of soybeans and common beans with rhizobia and azospirilla: strategies to improve sustainability. **Biology Fertility of Soils**, Firenze, v. 49, n. 7, p. 791-801, 2013.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T. Environmental factors affecting N₂ fixation in grain legumes in the tropics, with an emphasis on Brazil. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 65, n. 2, p. 151-164, 2000.

KANEKO, F. H.; ARF, O.; GITTI, D. C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P.; BUZETTI, S. Mecanismos de abertura de sulcos, inoculação e adubação nitrogenada em feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 125-133, 2010.

LEMOS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D.; CAMARGO, M. B.; SILVA, T. R. B.; SORATTO, R. P. Inoculação de rizóbio e adubação nitrogenada em genótipos de feijoeiro. **Agronomia**, Soropédica, v. 37, n. 1, p. 26-31, 2003.

LOPES, A. S.; OLIVEIRA, G. Q.; SOUTO FILHO, S. N.; GOES, R. J.; CAMACHO, M. A. Manejo de irrigação e nitrogênio no feijoeiro comum cultivado em sistema plantio direto. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 51-56, 2011.

LOPES, A. S.; PAVANI, L. C.; CORÁ, J. E.; ZANINI, J. R.; MIRANDA, H. A. Manejo da irrigação (tensiometria e balanço hídrico climatológico) para a cultura do feijoeiro em sistemas de cultivo direto e convencional. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n.1, p. 89-100, 2004.

MADHAIYAN, M. POONGUZHALI, S.; KANG, B. G.; LEE, Y. J.; CHUNG, J. B.; SA, T. M. Effect of co-inoculation of methylotrophic *Methylobacterium oryzae* with *Azospirillum brasilense* and *Burkholderia pyrrocinia* on the growth and nutrient uptake of tomato, red pepper and rice. **Plant and Soil**, Crawley, v. 328, n.1, p. 71-82, 2010.

MALAVOLTA, E. Leguminosas. In: _____ **Manual de calagem e adubação das principais culturas**. São Paulo: Agrônômica Ceres, 1987. p. 112.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafós, 1997. 319 p.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495 p.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999a. p. 3.1-3.24.

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999b. p. 1-21.

MARTINEZ-ROMERO, E.; SEGOVIA, L.; MERCANTE, F. M.; ; FRANCO, A. A.; GRAHAM, P.; PARDO, M. A. *Rhizobium tropici*, a novel species nodulating *Phaseolus vulgaris* L. Beans and Leucaena sp. trees. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Iowa, v. 41, n. 3, p. 417-426, 1991.

MATOSO, S. C. G. **Nodulação e crescimento do feijoeiro em resposta à aplicação de molibdênio e inoculante rizobiano**. 2012. 111 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2012.

MEIRA, F. A.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S.; ARF, O. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado cultivado em plantio direto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, DF, v. 40, n. 4, p. 383-388, 2005.

MERCANTE, F. M.; OTSUBO, A. A.; LAMAS, F. M. Inoculação de *Rhizobium tropici* e aplicação de adubo nitrogenado na cultura do feijoeiro. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DE SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 27; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 11; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 9.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 6., 2006, Bonito. **Anais...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 1CD-ROM. (Documentos, 82)

MNASRI, B.; AOUANI, M. E.; MHAMDI, R. Nodulation and growth of common bean (*Phaseolus vulgaris*) under water deficiency. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 39, n. 7, p. 1744-1750, 2007.

MOLLA, A. H.; SHAMSUDDIN, Z. H.; HALIMI, M. S.; MORZIAH, M., PUTEH, A. B. Potential for enhancement of root growth and nodulation of soybean co-inoculated with *Azospirillum* and I in laboratory systems. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 33, n. 4, p. 457-463, 2001.

MONTEIRO, P. F. C.; ÂNGULO FILHO, R.; MONTEIRO, R. O. C. Efeitos da irrigação e da adubação nitrogenada sobre as variáveis agrônômicas da cultura do feijão. **Irriga**, Botucatu, v. 15, n. 4, p. 386-400, 2010.

MOREIRA, F.M.S.; SILVA, K.; NÓBREGA, R.S.A.; CARVALHO, F. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v.1, n.2, p.74-99, 2010.

MOREIRA, J. A. A.; AZEVEDO, J. A.; STONE, L. F.; CAIXETA, T. J. Irrigação. In: ZIMMERMANN, M. J. O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.) **Cultura do feijoeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988. p. 317-340.

MOREIRA, J. A. A.; STONE, L. F.; BIAVA, M. **Feijão**: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 203 p. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

MOREIRA, J. A. A.; STONE, L. F.; SILVA, S. C.; SILVEIRA, P. M. **Irrigação do feijoeiro no sistema plantio direto**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 31 p. (Circular Técnica, 33).

- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseado no desempenho de plântulas. In: KRYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 1999. p. 2.1-2.24,
- OKON, Y.; ITZIGSOHN, R. The development of *Azospirillum* as commercial inoculant for improving crop yields. **Biotechnology Advances**, New York, v. 13, n. 3, p. 415-424, 1995.
- OKON, Y.; LABANDERA-GONZALES, C. A. Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. **Soil Biol. Biochem**, Elmsford, v. 26, n. 12, p. 1591-1601, 1994.
- OLIVEIRA, I. P.; FAGERIA, N. K. Calagem e Adubação. In: MOREIRA, J. A. A.; STONE, L. F.; BIAVA, M. (Ed.) **Feijão: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p. 39-53.
- OLIVEIRA, J. P.; SILVA, M. L. R. B.; LIRA, M. C. C. P.; BURITY, H. A. Fixação do N₂ associativa e em vida livre. In: FIGUEIREDO, M. V. B.; BURITY, H. A.; STAMFORD, N. P.; SANTOS, C. E. R. S. (Ed.) **Microrganismos e agrobiodiversidade: o novo desafio para a agricultura**. Guaíba: Agrolivros, 2008. p. 97-118.
- PAVANI, L. C.; LOPES, A. S.; GALBEIRO, R. B. Manejo da irrigação na cultura do feijoeiro em sistemas plantio direto e convencional. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n.1, p. 12-21, 2008.
- PAULA JÚNIOR, T. J.; VIEIRA, R. F.; TEIXEIRA, H.; COELHO, R. R.; CARNEIRO, J. E. S.; ANDRADE, M. J. B.; RESENDE, A. M. (Coord.). **Informações técnicas para o cultivo de feijoeiro-comum na região central brasileira: 2007-2009**. Viçosa: EPAMIG-CTZM, 2008. 180 p. (Séries Documentos, 42).
- PELEGRIN, R.; MERCANTE, F. M.; OTSUBO, I. M. N.; OTSUBO, A. A. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n.1, p. 219-226, 2009.
- PEREIRA, J. C. R.; RODRIGUES, R. A. F.; ARF, O.; ALVAREZ, A. C. C. Influência do manejo do solo, lâminas de água e doses de nitrogênio na produtividade do feijoeiro. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 1, p. 13-19, 2004.
- PESKE, S.; BARROS, A. C. S. A.; SCHUCH, L. O. B. Benefícios e obtenção de sementes de alta qualidade. **Seed news**, Pelotas, v. 14, n. 5, 2010. Disponível em: <http://www.seednews.inf.br/_html/site/content/reportagem_capa/imprimir.php?id=82>. Acesso em: 18 dez 2013.
- PIMENTEL, C.; JACOB NETO, J.; GOI, S. R.; PESSANHA, G. G. Estresse hídrico em cultivares de *Phaseolus vulgaris* L. em simbiose com o *Rhizobium leguminosarum* biovar phaseoli. **Turrialba**, San José, v. 40, n. 4, p. 520-526, 1990.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. 285 p. (Boletim Técnico, 100).

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Cultivares. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. L.; BORÉM, A. (Ed.) **Feijão**. 2. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2006. p. 415-436.

RAMOS, M. L. G.; PARSONS, R.; SPRENT, J. I.; JAMES, E. K. Effect of water stress on nitrogen fixation and nodule structure of common bean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 3, p. 339-347, 2003.

RAPASSI, R. M. A.; SÁ, M. E.; TARSITANO, M. A. A.; CARVALHO, M. A. C.; PROENÇA, É. R.; NEVES, C. M. T. C.; COLOMBO, E. C. M. Análise econômica comparativa após um ano de cultivo do feijoeiro irrigado, no inverno, em sistemas de plantio convencional e direto, com diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 3, p. 397-404, 2003.

REIS, V. M. **Uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como inoculante para aplicação em gramíneas**. Soropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 22 p. (Documentos, 232).

REMANS, R.; RAMAEKERS, L.; SCHELKENS, S.; HERNANDEZ, G.; GARCIA, A.; REYES, J. L.; MENDEZ, N.; TOSCANO, V.; MULLING, M.; GALVEZ, L.; VANDERLEYDEN, J. Effect of *Rhizobium*-*Azospirillum* coinoculation on nitrogen fixation and yield of two contrasting *Phaseolus vulgaris* L. genotypes cultivated across different environments in Cuba. **Plant and Soil**, Crawley, v. 312, n. 1, p. 25-37, 2008.

ROCHA, O. C.; GUERRA, A. F.; AZEVEDO, H. M. Ajuste do modelo Chistiansen-Hargreaves para estimativa da evapotranspiração do feijão no cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2. p. 263-268. 2003.

ROSOLEM, C. A.; MARUBAYASHI, O. M. **Seja o doutor do seu feijoeiro**. Piracicaba: Potafos, 1994. 16 p. (Encarte do Informações Agronômicas, 68).

RUDNIK, P.; MELETZUS, D.; GREEN, A.; HE, L.; KENNEDY, C. Regulation of nitrogen fixation by ammonium in diazotrophic species of proteobacteria. **Soil Biology Biochemistry**, Elmsford, v. 29, n. 5, p. 831- 841, 1997.

SÁ, M. E. Importância da adubação na qualidade de sementes. In: SÁ, M. E.; BUZETTI, S. (Coord.). **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p. 65-98.

SILVA, E. F.; MARCHETTI, M. E.; SOUZA, L. C. F., MERCANTE, F. M.; RODRIGUES, E. T.; VITORINO, A. C. T. Inoculação do feijoeiro com *Rhizobium tropici* associada à exsudato de *Mimosa flocculosa* com diferentes doses de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.2, p. 443-451, 2009.

SILVA, G. M.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Manejo da adubação nitrogenada no feijoeiro irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 32, n. 1, p. 1-5, 2002.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. Irrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 223, p. 74-82, 2004.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F.; SILVA, J. G. Manejo da água de irrigação. In: SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. **Irrigação do feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. p. 139-169.

SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. F. **Biotecnologia do solo**: fundamentos e perspectivas. Brasília, DF: Ministério da Educação- MEC, 1988. 236 p.

SOARES, B. L. **Avaliação técnica e econômica do feijoeiro-comum inoculado com rizóbio em diferentes ambientes**. 2012. 151 f. Tese (Doutorado em Microbiologia e Bioquímica do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

SORATTO, R. P.; ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; BUZETTI, S.; SILVA, T. R. B. Resposta do feijoeiro ao preparo do solo, manejo de água e parcelamento do nitrogênio. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 89-96, 2003.

SORATTO, R. P.; CARVALHO, M.A.C.; ARF, O. Teor de clorofila e produtividade do feijoeiro em razão da adubação nitrogenada. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, DF, v. 39, n. 9, p. 895-901, 2004.

SOUZA, A. B.; ANDRADE, M. J. B. de; MUNIZ, J. A.; REIS, R. P. Populações de plantas e níveis de adubação e calagem para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em um solo de baixa fertilidade. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 1, p. 87-98, 2002.

SOUZA, E. F. C.; SORATTO, R. P.; PAGANI, F. A. Aplicação de nitrogênio e inoculação com rizóbio em feijoeiro cultivado após milho consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 4, p. 370-377, 2011.

SOUZA, G. S.; MATOSO, S. C. G.; SILVA, J. B.; PINTAR, A. F. Nodulação e crescimento do feijoeiro Pérola em resposta à aplicação de molibdênio e solução de quefir. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2., 2012, Colorado do Oeste. **Anais...** Colorado do Oeste: IFECTR, IFRO, 2012. p.1-3.

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Resposta do feijoeiro ao nitrogênio em cobertura, sob diferentes lâminas de irrigação e preparos do solo. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, DF, v. 36, n. 3, p. 473-481, mar. 2001.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Requerimento de água. In: SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. **Irrigação do feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. p. 9-78.

STRALIOTTO, R. **A importância da inoculação com rizóbio na cultura do feijoeiro**. Seropédica: EMBRAPA Agrobiologia, 2002. Disponível em: <http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/artigos/fbnl_inocula_feijoeiro.html> Acesso em: 20 abr 2011.

STRALIOTTO, R. **Cultivo do feijoeiro comum**: fixação biológica de nitrogênio. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. (Sistemas de Produção, 2). Disponível em < www.cnpaf.embrapa.br >. Acesso em: 12 jan 2012.

STRALIOTTO, R.; TEIXEIRA, M. G.; MERCANTE, F. M. Fixação biológica de nitrogênio. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F. (Ed.). **Produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 122-153.

STRALIOTTO, R.; TEIXEIRA, M. G.; MERCANTE, F. M. Fixação biológica de nitrogênio. IN: EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Cultivo do feijoeiro comum**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro/fbnitrogenio.htm>> Acesso em: 9 jan. 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TEIXEIRA, I. R.; BORÉM, A.; ARAÚJO, G. A. A.; ANDRADE, M. J. Teores de nutrientes e qualidade fisiológica de sementes de feijão em resposta à adubação foliar com manganês e zinco. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 1, p. 83-88, 2005.

TOLEDO, F. F.; MARCOS FILHO, J. **Manual das sementes: tecnologia da produção**. São Paulo: Agonômica Ceres, 1977. 224 p.

TORRES, J. L. R.; SANTANA, M. J.; PIZOLATO NETO, A.; PEREIRA, M. G.; VIEIRA, D. M. S. Produtividade de feijão sobre lâminas de irrigação e coberturas de solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 4, p. 833-841, 2013.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M. E. Fontes e doses de nitrogênio e fósforo em feijoeiro no sistema plantio direto. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 191-196, 2009.

VERONEZI, S. D. F.; COSTA, M. R.; SILVA, A. T.; MERCANTE, F. M. Co-inoculação de rizóbio e *Azospirillum brasilense* em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) In: SEMINÁRIO DE AGROECOLOGIA DE MATO GROSSO DO SUL, 4.; ENCONTRO DE PRODUTORES AGROECOLÓGICOS DE MS, 3., 2012, Glória de Dourados. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa, 2012. 1CD-ROM.

VIEIRA, C. Adubação mineral e calagem. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão**. Viçosa: Editora UFV, 2006. p. 115-142.

VIEIRA, R. D.; KRZYŻANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 1999. p. 4.1-4.26.

WANDER, A. E. **Cultivo do feijão irrigado na região noroeste de Minas Gerais: introdução e importância econômica**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoIrrigadoNoroesteMG/index.htm>> Acesso em: 3 jan. 2014.