

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**DANIELLE BOLANDIM COSTA**

**OPÇÕES DE TRATAMENTO DE SEMENTES E INOCULAÇÃO DO FEIJÃO DE  
INVERNO ASSOCIADO OU NÃO COM ADUBAÇÃO NITROGENADA**

Ilha Solteira  
2021

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**  
**SISTEMAS DE PRODUÇÃO**

**DANIELLE BOLANDIM COSTA**

**OPÇÕES DE TRATAMENTO DE SEMENTES E INOCULAÇÃO DO  
FEIJÃO DE INVERNO ASSOCIADO OU NÃO COM ADUBAÇÃO  
NITROGENADA**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de  
Ilha Solteira – Unesp como parte dos requisitos  
para obtenção do título de Doutorado em  
Agronomia. Especialidade Sistemas de Produção.

Prof. Dr. Marcelo Andreotti  
**Orientador**

Prof. Dr. Enes Furlani Júnior  
**Coorientador**

**FICHA CATALOGRÁFICA**  
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

C837o Costa, Danielle Bolandim.  
Opções de tratamento de sementes e inoculação do feijão de inverno associado ou não com adubação nitrogenada / Danielle Bolandim Costa. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2021  
73 f. : il.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2021

Orientador: Marcelo Andreotti  
Coorientador: Enes Furlani Júnior  
Inclui bibliografia

1. Feijão . 2. Phaseolus vulgaris L.. 3. Inoculação . 4. Coinoculação. 5. Rhizobium tropici. 6. Azospirillum brasilense.

  
Raiane da Silva Santos

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO DA TESE: OPÇÕES DE TRATAMENTO DE SEMENTES E INOCULAÇÃO DO FEIJÃO DE INVERNO ASSOCIADO OU NÃO COM ADUBAÇÃO NITROGENADA

**AUTORA: DANIELLE BOLANDIM COSTA**

**ORIENTADOR: MARCELO ANDREOTTI**

**COORIENTADOR: ENES FURLANI JUNIOR**

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA, área: Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. MARCELO ANDREOTTI (Participação Virtual)

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Prof. Dr. MARCO EUSTAQUIO DE SA (Participação Virtual)

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Profa. Dra. CAROLINA DOS SANTOS BATISTA BONINI (Participação Virtual)

Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena - UNESP

Dr. GUSTAVO PAVAN MATEUS (Participação Virtual)

Departamento de Descentralização do Desenvolvimento / Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - APTA Andradina

Prof. Dr. CARLOS SÉRGIO TIRITAN (Participação Virtual)

Departamento de Agronomia / Universidade do Oeste Paulista - UNOESTE

Ilha Solteira, 07 de outubro de 2021

## **DEDICO**

Dedico este trabalho a todas as pessoas que acreditam na educação, na ciência, na igualdade entre as pessoas e que buscam por sistemas de produção sustentáveis ao planeta.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, nosso criador e Jesus, governador de nossas vidas, pela fé, sabedoria e força vital que me trouxeram até aqui e pelas oportunidades e pessoas em minha vida.

Aos meus pais Geraldo Gonçalves Costa e Inez Aparecida Bolandim, irmãos Elton Bolandim e Aline Bolandim Costa, cunhados Gisele de Souza Bolandim e José Ricardo Rodrigues, e sobrinhos Heitor, Bernardo e Lívia, por serem minha base, pelos momentos familiares e por todo suporte, apoio e incentivo ao caminho de Deus, do respeito, da ética e da educação, sem os quais essa grande realização pessoal e profissional não aconteceria.

A toda minha família e ao grupo de amigos Los Toros, pelos exemplos, momentos festivos e de união, e pelo incentivo constante, orações e torcida para as minhas vitórias.

A todos os dedicados professores do Colégio Euclides da Cunha de Ilha Solteira, que despertam em seus alunos a vontade pelo saber em momentos cruciais da formação, e que, além de profissionais para o mercado de trabalho, sabiamente formam pessoas para a vida.

Ao Prof. Dr. Salatier Buzetti, Prof. Dr. Carlos Antonio Alves, Dra. Cristina Célia Tiago, Prof. Dr. Antonio César Bolonhezi e demais membros do Centro Espírita Cairbar Schutel, pelos ensinamentos sobre espiritualidade, inteligência emocional e psicologia, que tanto me fortaleceram.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Agronomia de Ilha Solteira e de Dracena, pelos ensinamentos e conhecimentos transmitidos.

Aos membros da banca de qualificação, Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho e Prof. Dr. Rafael Montanari, e aos membros e suplentes da banca de defesa, Prof. Dr. Marco Eustáquio de Sá, Profa. Dra. Carolina dos Santos Batista Bonini, Dr. Gustavo Pavan Mateus, Prof. Dr. Carlos Sérgio Tiritan, Profa. Dra. Viviane Cristina Modesto, Prof. Dr. Flávio Hiroshi Kaneko e Profa. Dra. Ilca Puertas de Freitas e Silva, pela disponibilidade e pelas valiosas contribuições na melhoria desta pesquisa.

Aos meus amigos Isabela Malaquias Dalto de Souza, Paulino Taveira de Souza e Raphael Correa Borges, que me deram incalculável suporte em todas as fases de desenvolvimento deste trabalho.

Aos colaboradores da Seção Técnica de Pós-Graduação, da Biblioteca, da Seção Técnica de Apoio, Ensino, Pesquisa e Extensão, da Seção de Comunicação e do Gabinete do Diretor, por toda ajuda e apoio no decorrer destes anos.

Aos integrantes do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos – DEFERS e aos integrantes da Equipe Andreotti, pelo convívio e apoio.

Aos colaboradores do Laboratório de Fertilidade do Solo, Silvia Adriana Beltrame e Carlos Araújo da Silva, do Laboratório de Nutrição de Plantas, Marcelo Rinaldi da Silva e do Laboratório de Física do Solo, Diego Gonçalves Feitosa, pelo profissionalismo, proatividade, apoio e companheirismo.

Aos colaboradores da Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão – FEPE (Fazenda Bovino, Fazenda Cerrado e Pomar), pela proatividade e colaboração.

A Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Campus de Ilha Solteira, que com seus recursos de esferas materiais, financeiras, ambientais e humanas, me acolheu por onze anos.

Ao meu coorientador Enes Furlani Junior pela compreensão e apoio em toda minha jornada.

E por fim, agradeço imensamente, meu orientador Prof. Dr. Marcelo Andreotti e sua família, pelo apoio, pela amizade, pelos ensinamentos transmitidos desde a minha graduação até hoje e por concretizarem junto a mim essa realização. Um profissional que, além de fertilidade e perfil de solo, soube construir uma trajetória de exemplo familiar e de excelência no ensino e na pesquisa.

*“Não desejo suscitar convicções,  
o que desejo é estimular o pensamento  
e derrubar preconceitos”*

Sigmund Freud



## RESUMO

Em condições de casa de vegetação localizada na Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Campus II, realizou-se dois experimentos com objetivo de avaliar o desempenho do feijoeiro e o possível incremento ao crescimento vegetal (parte aérea e radicular), bem como na produção de grãos em tratamentos com fungicida, inseticida, inoculados e/ou coinoculados via sementes com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*, no primeiro experimento utilizando-se solo arenoso e argiloso, e no segundo somente solo arenoso com uso de doses de nitrogênio em cobertura. Em ambos foram utilizados 112 vasos, em delineamento experimental inteiramente casualizado, com 4 repetições. No primeiro, realizado em 2019, foram utilizadas 14 combinações no tratamento e/ou inoculação de sementes. No segundo, realizado em 2020, aplicou-se 7 combinações no tratamento e/ou inoculação de sementes, além de quatro doses de nitrogênio em cobertura. Para a análise dos resultados foi utilizado o teste de Scott Knott para os tratamentos e regressão para as doses de nitrogênio. Em 2019 os resultados demonstraram que não adicionar nada as sementes (nenhum tratamento químico e nenhuma inoculação), ou então, fazer o uso conjunto de tratamento de sementes com fungicida e inseticida e coinoculação via semente de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*, reduziu a produção do feijoeiro de inverno em solo argiloso. Enquanto que o uso conjunto de fungicida e inseticida, fungicida e *R. tropici*, e fungicida, inseticida e *R. tropici*, favoreceu o desenvolvimento da parte aérea do feijoeiro, o *A. brasilense*, sem o *R. tropici* e com inseticida ou inseticida mais fungicida, proporcionou maior massa em raízes de feijoeiro em solo argiloso. Em solo arenoso, a produção de grãos do feijoeiro de inverno foi superior com tratamento de sementes somente com inseticida, somente com *R. tropici* e também com os dois em conjunto. Essa produção mostrou-se inferior, novamente, no tratamento conjunto entre fungicida, inseticida e coinoculação de bactérias via semente, e também onde foi utilizado inseticida combinado com *A. brasilense*. Em 2020 os resultados demonstraram que a mistura de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* para inoculação via sementes de feijoeiro em cultivo de inverno, não altera o crescimento vegetativo, componentes da produção e produção de grãos, entretanto, sem o tratamento de sementes com fungicida e inseticida, a coinoculação aumentou o volume radicular das plantas. A produção de matéria seca de raízes do feijoeiro é maior quando do uso isolado de *A. brasilense*, ou quando do tratamento de sementes com fungicida e inseticida, combinado à inoculação com *Rhizobium tropici* nas sementes. A combinação de fungicida e inseticida, com a inoculação das sementes de feijão com *A. brasilense* incrementa a produção de matéria seca da parte aérea e de grãos

por planta. Mesmo com o tratamento de sementes com fungicida + inseticida, associado às bactérias diazotróficas em inoculação ou coinoculação, o feijão de inverno respondeu linearmente no crescimento vegetativo, de raízes, e produção de vagens e grãos por vagem, até a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura.

**Palavras-chave:** *Azospirillum brasilense*; *Rhizobium tropici*; coinoculação; fungicida; inseticida.

## ABSTRACT

Under greenhouse conditions located at the Faculty of Engineering of Ilha Solteira, State of São Paulo, Brazil, two experiments were carried out in order to evaluate the performance of the common bean plant and the possible increase in plant growth (shoot and root), as well as in grain production in treatments with fungicide, insecticide, inoculated and/or co-inoculated via seeds with *Rhizobium tropici* and *Azospirillum brasilense*, in the first experiment using sandy and clayey soil, and in the second only sandy soil, using doses of nitrogen in topdressing. In both, were used 112 pots in a completely randomized experimental design, with 4 replications. In the first, carried out in 2019, 14 treatments were applied. In the second, carried out in 2020, 7 treatments were applied, in addition to four nitrogen topdressing doses. For the analysis of the results, the Scott Knott test was used for the treatments and regression for the N doses. In 2019 the results showed that not adding anything to the seeds (no chemical treatment and no inoculation), or using a joint treatment of seeds with fungicide and insecticide and coinoculation via seed of *Rhizobium tropici* and *Azospirillum brasilense*, reduced the winter bean production in clayey soil. And while the joint use of fungicide and insecticide, fungicide and *R. tropici*, and fungicide, insecticide and *R. tropici*, favored the development of the aerial part of plants, *A. brasilense*, without *R. tropici* and with insecticide or insecticide more fungicide, provided greater mass in bean roots in clayey soil. In sandy soil, winter bean grain yield was higher with seed treatment with only insecticide, only with *R. tropici* and also with both together. This production proved to be lower, again, in the joint treatment between fungicide, insecticide and coinoculation of bacteria via seed, and also where insecticide was used combined with *A. brasilense*. In 2020, the results showed that the mixture of *R. tropici* and *A. brasilense* for inoculation in common bean seeds in winter cultivation does not alter vegetative growth, components of grain production and yield, however, without seed treatment with fungicide and insecticide, the coinoculation increased the root volume of the plants. The dry matter production of common bean roots is higher when using *A. brasilense* alone, or when treating seeds with fungicide and insecticide, combined with inoculation with *R. tropici* in the seeds. The combination of fungicide and insecticide, with the inoculation of common bean seeds with *A. brasilense* increases the production of shoot dry matter and grain per plant. Even with seed treatment with fungicide + insecticide, associated with diazotrophic bacteria in inoculation or coinoculation, winter common bean responded linearly in vegetative growth, roots, and production of pods and grains per pod, up to a dose of 120 kg ha<sup>-1</sup> of N in coverage.

**Keywords:** *Azospirillum brasilense*; *Rhizobium tropici*; coinoculation; fungicide; insecticide.

## LISTA DE FIGURAS

### ARTIGO 1 – TRATAMENTO QUÍMICO DE SEMENTES, INOCULAÇÃO E COINOCULAÇÃO DO FEIJÃO DE INVERNO E ADUBAÇÃO DE COBERTURA

- Figura 1** - Foto do experimento em vasos com diferentes tratamentos de sementes, inoculação e coinoculação do feijão de inverno, em solo argiloso (esquerda) e arenoso (direita). Ilha Solteira, SP, 2019..... 34

### ARTIGO 2 – TRATAMENTO QUÍMICO DE SEMENTES, INOCULAÇÃO E COINOCULAÇÃO DO FEIJÃO DE INVERNO E DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA

- Figura 1** - Ajustes de doses de N para altura de plantas (AP), índice de clorofila foliar (ICF), produção de matéria fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, volume radicular por planta (VRP), produção de matéria fresca (MFR) e seca (MSR) de raízes e do número de vagens por planta (NVP) do feijoeiro de inverno com diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em solo arenoso. Ilha Solteira, SP, 2020..... 58

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO 1 – TRATAMENTO QUÍMICO DE SEMENTES, INOCULAÇÃO E COINOCULAÇÃO DO FEIJÃO DE INVERNO E ADUBAÇÃO DE COBERTURA

|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |    |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1</b> | - Médias dos teores foliares de macronutrientes do feijoeiro de inverno, em função do tratamento de sementes em solo argiloso. Ilha Solteira, 2019.....                                                                                                                                                                                              | 36 |
| <b>Tabela 2</b> | - Médias da altura de plantas (AP), índice de clorofila foliar (ICF), produção de matéria fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, número de vagens por planta (NVP), de grãos por planta (NGP) e da massa de grãos por planta a 13% de umidade (MG), do feijoeiro em função do tratamento de sementes em solo argiloso. Ilha Solteira, 2019..... | 37 |
| <b>Tabela 3</b> | - Médias do comprimento da raiz principal (CRP), volume radicular por planta (VRP), produção de matéria fresca (MFR) e seca (MSR) de raízes do feijoeiro, em função do tratamento de sementes em solo argiloso. Ilha Solteira, 2019.....                                                                                                             | 38 |
| <b>Tabela 4</b> | - Médias dos teores foliares de macronutrientes do feijoeiro de inverno, em função do tratamento de sementes em solo arenoso. Ilha Solteira, 2019.....                                                                                                                                                                                               | 40 |
| <b>Tabela 5</b> | - Médias da altura de plantas (AP), índice de clorofila foliar (ICF), produção de matéria fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, número de vagens por planta (NVP), de grãos por planta (NGP) e da massa de grãos por planta a 13% de umidade (MG), do feijoeiro em função do tratamento de sementes em solo arenoso. Ilha Solteira, 2019.....  | 41 |
| <b>Tabela 6</b> | - Médias do comprimento da raiz principal (CRP), volume radicular por planta (VRP), produção de matéria fresca (MFR) e seca (MSR) de raízes do feijoeiro, em função do tratamento de sementes em solo arenoso. Ilha Solteira, 2019.....                                                                                                              | 42 |

### ARTIGO 2 – TRATAMENTO QUÍMICO DE SEMENTES, INOCULAÇÃO E COINOCULAÇÃO DO FEIJÃO DE INVERNO E DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA

|                 |                                                                             |  |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>Tabela 1</b> | - Médias dos teores foliares de macronutrientes do feijoeiro de inverno, em |  |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------|--|

|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |    |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|                 | função do tratamento de sementes e doses de nitrogênio em cobertura, em solo arenoso. Ilha Solteira, 2020.....                                                                                                                                                                                                                                      | 54 |
| <b>Tabela 2</b> | - Médias da altura de plantas (AP), índice de clorofila foliar (ICF), produção de matéria fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, volume radicular por planta (VRP), produção de matéria fresca (MFR) e seca (MSR) de raízes do feijoeiro de inverno com diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em solo arenoso. Ilha Solteira, 2020..... | 56 |
| <b>Tabela 3</b> | - Médias do número de vagens por planta (NVP), de grãos por planta (NGP), de grãos por vagem (NGV) e massa de grãos por planta a 13% de umidade (MG) do feijoeiro de inverno em função de doses de nitrogênio em cobertura, em solo arenoso. Ilha Solteira, 2020.....                                                                               | 59 |

## SUMÁRIO

|          |                                                                                                                                          |           |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO.....</b>                                                                                                                   | <b>16</b> |
| <b>2</b> | <b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>                                                                                                        | <b>18</b> |
|          | <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                                                                                                  | <b>24</b> |
| <b>3</b> | <b>ARTIGO 1 – TRATAMENTO QUÍMICO DE SEMENTES, INOCULAÇÃO E COINOCULAÇÃO DO FEIJÃO DE INVERNO E ADUBAÇÃO DE COBERTURA.....</b>            | <b>28</b> |
|          | <b>RESUMO.....</b>                                                                                                                       | <b>28</b> |
|          | <b>ABSTRACT.....</b>                                                                                                                     | <b>29</b> |
| 3.1      | INTRODUÇÃO.....                                                                                                                          | 30        |
| 3.2      | MATERIAL E MÉTODOS.....                                                                                                                  | 31        |
| 3.3      | RESULTADOS E DISCUSSÃO.....                                                                                                              | 35        |
| 3.3.1    | Solo Argiloso.....                                                                                                                       | 35        |
| 3.3.2    | Solo Arenoso.....                                                                                                                        | 39        |
| 3.4      | CONCLUSÃO.....                                                                                                                           | 44        |
|          | <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                                                                                                  | <b>45</b> |
| <b>4</b> | <b>ARTIGO 2 – TRATAMENTO QUÍMICO DE SEMENTES, INOCULAÇÃO E COINOCULAÇÃO DO FEIJÃO DE INVERNO E DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA.....</b> | <b>48</b> |
|          | <b>RESUMO.....</b>                                                                                                                       | <b>48</b> |
|          | <b>ABSTRACT.....</b>                                                                                                                     | <b>49</b> |
| 4.1      | INTRODUÇÃO.....                                                                                                                          | 50        |
| 4.2      | MATERIAL E MÉTODOS.....                                                                                                                  | 51        |
| 4.3      | RESULTADOS E DISCUSSÃO.....                                                                                                              | 54        |
| 4.4      | CONCLUSÃO.....                                                                                                                           | 64        |
|          | <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                                                                                                  | <b>65</b> |
| <b>5</b> | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>                                                                                                         | <b>68</b> |



|                                                                                                                             |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ANEXO A – Dados climáticos de Ilha Solteira referentes aos dias do ciclo do feijoeiro de inverno do ano de 2019.....</b> | <b>70</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|

|                                                                                                                             |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ANEXO B – Dados climáticos de Ilha Solteira referentes aos dias do ciclo do feijoeiro de inverno do ano de 2020.....</b> | <b>72</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|

## 1 INTRODUÇÃO

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é a espécie mais cultivada no mundo entre as demais do gênero *Phaseolus*, sendo o Brasil o maior produtor e consumidor do grão. O feijão constitui uma das mais importantes fontes de proteína vegetal, especialmente para a população com baixa renda familiar, destacando-se economicamente e socialmente (TARSITANO; SANTANA; TARSITANO, 2015).

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, a produtividade média do feijão de inverno no país foi de 1158 kg ha<sup>-1</sup> na safra 2016/17 e de 1268 kg ha<sup>-1</sup> em 2017/18 (CONAB, 2017; CONAB, 2018). A produção brasileira de feijão é representada pelos seguintes Estados com as maiores áreas de cultivo e produção: Bahia, seguido por Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso, Goiás e São Paulo, que juntos somaram 54,3% da área cultivada e 74,5% do total de grãos produzidos no Brasil em 2019 (CONAB, 2019).

Os solos tropicais, como é o caso dos solos brasileiros, apresentam baixas concentrações de nitrogênio e as principais fontes do nutriente, na forma nítrica e amoniacal, absorvidas pelas plantas, resultam da decomposição da matéria orgânica do solo, da aplicação de adubos nitrogenados e da fixação biológica de nitrogênio (FBN) realizada por bactérias do gênero *Rhizobium* (TULLIO et al., 2019). Considerando-se que nesses tipos de solos ocorrem grandes perdas dos fertilizantes aplicados, principalmente por lixiviação e/ou volatilização, pondera-se que além do alto custo econômico para a produção da cultura, há ainda um custo ecológico no uso de adubos nitrogenados (FIGUEIREDO et al., 2016).

Para diminuir essas perdas de N nos sistemas agrícolas, há tempos tem-se pesquisado sobre a inoculação de estirpes eficientes de *Rhizobium* em cultivares nodulantes ou seu cultivo em solos com população nativa eficiente, para possibilitar a não utilização de nitrogênio em cobertura na cultura do feijoeiro, sem afetar a produtividade (FERREIRA et al., 2000). E também, mais recentemente, a inoculação com *Azospirillum*, cuja ação no maior desenvolvimento das raízes pode implicar em vários outros efeitos, como incrementos na absorção da água e minerais, maior tolerância a estresses por salinidade e seca, resultando em uma planta mais vigorosa e produtiva (HUNGRIA, 2011).

Contudo, o efeito da inoculação ou coinoculação das sementes de leguminosas tem apresentado efeitos contrastantes, como benefícios, não efeito ou prejuízos na produção. Tais resultados advêm das condições de cultivo, cultivares, clima, solo, manejo de adubação, tratamento de sementes, entre outros, os quais tem efeito na colonização e desenvolvimento das bactérias na rizosfera, e, portanto, carecem de pesquisas para adequação da prática de

inoculação e/ou coinoculação do feijoeiro de inverno por *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*.

Essa pesquisa teve como objetivo caracterizar efeitos de tratamento de sementes, inoculação, coinoculação e doses de N em cobertura no desempenho do feijoeiro de inverno e o possível incremento ao crescimento vegetal (parte aérea e radicular), bem como na produção de grãos em tratamentos inoculados e/ou coinoculados via sementes com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*, e com fungicida e/ou inseticida, em solo arenoso e argiloso, além de posteriormente com quatro doses de nitrogênio em cobertura em solo arenoso.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

São dois os principais centros de origem (pools gênicos) para o feijoeiro-comum, sendo um andino e outro mesoamericano. Os genótipos originados desses centros apresentam variações em caracteres morfológicos como tamanho da semente, tempo para floração, hábito de crescimento, em marcadores moleculares como a faseolina, isoenzimas e DNA mitocondrial, e na efetividade da simbiose com o *Rhizobium* (KIPE-NOLT; MONTEALEGRE; TOHME, 1992).

Existem alguns indícios de que centros de origem secundários se desenvolveram a partir da introdução de plantas pertencentes aos dois pools gênicos principais, e passaram por seguidos cruzamentos entre as mesmas, além da seleção contínua realizada por pequenos produtores em pequenas propriedades com isolamento geográfico que se deu pela seleção das melhores plantas para cada área de cultivo (ANGIOI et al., 2010). Este sistema de domesticação contribuiu significativamente para a alta variabilidade genética presente no germoplasma do feijoeiro-comum no Brasil e no mundo (SILVA, 2011).

Embora a cultura possua ampla adaptação e distribuição geográfica, é bastante sensível a fatores extremos do ambiente, sendo o clima um dos elementos que mais influenciam no seu desempenho (ANDRADE et al., 2015). Em média, a necessidade hídrica durante o ciclo do feijoeiro vai de 300 a 500 mm, dependendo das condições climáticas da região, da época e local de semeadura e da cultivar utilizada, variando ainda conforme o estágio de desenvolvimento da planta (DOORENBOS; KASSAM, 1994).

O ciclo do feijoeiro-comum é dividido entre fase vegetativa (V) e fase reprodutiva (R), onde cada uma apresenta cinco etapas: V0 = germinação; V1 = emergência; V2 = folhas primárias; V3 = primeira folha trifoliolada; V4 = terceira folha trifoliolada; R5 = pré-floração; R6 = floração; R7 = formação das vagens; R8 = enchimento de vagens; R9 = maturação. A duração dessas etapas é influenciada tanto pelo hábito de crescimento e genótipo da planta, quanto pelo clima e solo onde se estabelece a cultura (MARIOT, 1989).

O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial de feijão (FAO, 2020), e no país existem três épocas (safras) de cultivo: a primeira, semeada entre agosto e dezembro, a segunda entre janeiro e abril e a terceira de maio a julho. A produção total, somadas as três safras em 2019/2020, foi de 3,22 milhões de toneladas e em 2020/2021 essas três safras produzirão, respectivamente, 1,1; 1,2 e 0,8 milhões de toneladas de grãos em áreas com cerca de 0,9; 1,4 e 0,6 milhões de hectares, com produtividades médias para a primeira, segunda e terceira safras de aproximadamente 1,2; 0,85 e 1,33 t ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2020).

A cultura se destaca pela grande importância alimentar, social e econômica no Brasil. Nutricionalmente, o feijão é rico em proteína bruta, com teores nos grãos que podem variar de 18 a 25%, minerais como fósforo, cálcio e magnésio, com teores de 3,8; 2,3; 1,3 g kg<sup>-1</sup> e ferro, zinco e cobre, com teores médios de 82, 36 e 10 mg kg<sup>-1</sup> (KLASENER et al., 2020).

O nitrogênio é o nutriente mais extraído pelo feijoeiro e destaca-se a necessidade de pesquisas que avaliem a eficiência na absorção e utilização, e a relação na resposta das diferentes cultivares (FAGERIA et al., 2015; LEAL et al., 2019). Por ser um elemento com alta dinâmica no sistema solo-planta-atmosfera, e que pode ser facilmente perdido por lixiviação, volatilização e desnitrificação, o manejo adequado do nitrogênio é tido como complexo nos sistemas agrícolas (SANTOS et al., 2003).

Sabe-se que o feijoeiro em simbiose com espécies de bactérias da família *Rhizobiaceae* produz nódulos que fixam o nitrogênio da atmosfera (MATOSO; KUSDRA, 2014), com resultados favoráveis de fixação biológica de nitrogênio (FBN), alcançando produtividades acima de 2.500 kg ha<sup>-1</sup> (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2000). Contudo, em comparação com a cultura da soja, o feijoeiro ainda não pode ter a fertilização nitrogenada totalmente substituída pela fixação biológica de nitrogênio, fazendo com que o agricultor tenha que aplicar o fertilizante mineral em cada safra (MATOSO; KUSDRA, 2014). Desta forma, a adubação nitrogenada é realizada via semeadura e/ou em cobertura, podendo esta última ser realizada em dose única ou parcelada em duas ou mais vezes durante o ciclo da cultura (FILLA, 2019).

A absorção de nitrogênio ocorre praticamente durante todo o ciclo do feijoeiro, mas a época de maior exigência, quando a velocidade de absorção é máxima, ocorre dos 35 aos 50 dias da emergência da planta, concomitantemente à época do florescimento, absorvendo neste período de 2,0 a 2,5 kg de nitrogênio por hectare por dia (ROSOLEM; MARUBAYASHI, 1994). Para cada tonelada de grãos produzido, o feijoeiro extrai em média 40 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (SORATTO et al., 2013), pois o nutriente promove aumento na massa de cem grãos, levando à produção de grãos de maior tamanho (FILLA, 2019).

Entre diversos aspectos, a eficiência da fixação biológica de nitrogênio, depende também das condições fisiológicas da planta hospedeira, que fornece a energia necessária para que a bactéria possa realizar efetivamente este processo (STRALIOTTO; TEIXEIRA; MERCANTE, 2003).

Em 1904, Lorenz Hiltner denominou como "rizosfera" a zona de influência das raízes, considerando que está se apresenta desde a sua superfície até uma distância de 1 a 3 mm, e chamou de "bacteriorhiza" toda a comunidade bacteriana que está intimamente associada às

raízes, centrando-se na ideia de que a nutrição das plantas é consideravelmente influenciada pela composição microbiana da rizosfera. Juntamente com F. Nobbe, os pesquisadores conseguiram a primeira patente de *Rhizobium* inoculante (Nitragin), melhoraram continuamente as formulações e a eficácia dos preparados e iniciaram o tratamento de sementes com o sublimado para proteção de mudas de plantas (HARTMANN; ROTHBALLER; SCHMID, 2008).

Na década de 1950, trabalhos pioneiros da engenheira agrônoma de Johanna Döbereiner e seus colaboradores impulsionaram as pesquisas sobre a fixação biológica de nitrogênio. Sobretudo de 1963 a 1969, quando poucos cientistas acreditavam que a fixação biológica de N poderia competir com fertilizantes minerais, a pesquisadora iniciou um programa de pesquisas sobre os aspectos limitantes da FBN em leguminosas tropicais, dando norte a maioria das pesquisas nesta área, nas regiões tropicais, entre elas, o programa brasileiro de melhoramento da soja em 1964. Desta forma, com o uso da bactéria fixadora do gênero *Rhizobium* e sem a necessidade de uso de adubos nitrogenados na cultura, o Brasil pôde competir com sucesso no mercado internacional de soja (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2007).

Mais a diante, após uma estagnada no apoio ao desenvolvimento desta tecnologia, a crise de energia, conhecida como crise do petróleo, despertou grandes interesses na pesquisa sobre FBN, na busca de alternativas biológicas aos fertilizantes nitrogenados utilizados na agricultura e, por extensão, nas associações entre gramíneas e microrganismos diazotróficos. Assim, Johanna Döbereiner esteve no centro destes estudos, desde as descobertas iniciais da ocorrência de *Azotobacter paspali* em associação com raízes de *Paspalum notatum*, até as associações de várias bactérias diazotróficas em simbiose endofítica com gramíneas e espécies tuberosas. Estes estudos levaram à descoberta de novas espécies de bactérias diazotróficas associadas a gramíneas, cereais e tuberosas (SIQUEIRA; MOREIRA, 2001).

Na década de 1970, Barber e Martin (1976), demonstraram que a presença de microrganismos na rizosfera era capaz de estimular a exsudação de substâncias nas plantas, causando nelas efeitos morfológicos e fisiológicos diversos, como danificação dos tecidos radiculares, alterações no metabolismo, utilização de certos componentes dos exsudatos, excreção de enzimas, toxinas e antibióticos e alteração na disponibilidade, acessibilidade e assimilação de nutrientes minerais. Estes foram divididos em efeitos maléficos, como desnitrificação, redução de sulfato, produção de compostos inibitórios e imobilização de nutrientes; e efeitos benéficos como decomposição e mineralização da matéria orgânica, fixação biológica de nitrogênio, nitrificação, amonificação, agregação e estabilidade de

agregados do solo, produção de enzimas, vitaminas e co-fatores e simbioses com fungos micorrízicos.

Alguns compostos orgânicos de ocorrência natural passaram então a ser chamados de Substâncias Reguladoras do Crescimento de Plantas (SRCP) por influenciarem processos fisiológicos nas plantas em concentrações muito abaixo daquelas nas quais os nutrientes ou vitaminas podem afetar o desenvolvimento vegetal, e assim foram divididas em cinco classes como, auxinas, giberelinas, citoquininas, etileno e ácido abscísico. Quando produzidas pelas próprias plantas são chamadas de endógenas ou fitohormônios e quando produzidas diretamente pelos microrganismos rizosféricos são chamadas de exógenas e um mesmo organismo pode produzir mais que uma, no caso do *Azospirillum brasilense* com a produção de SRCP tipo giberelinas, ácido indolacético, citoquininas, ácido giberélico, isopentenil adenina, isopentenil adenosina e ácido iso giberélico. Níveis ótimos dessas substâncias atuam como estimuladores de crescimento e supraóticos como elicitores de doenças (SIQUEIRA; MOREIRA, 2001).

Neste viés, Kloepper e Schroth (1978) foram alguns dos autores que iniciaram o uso da denominação Rizobactérias Promotoras do Crescimento de Plantas (RPCP) para aquelas que produziam substâncias promotoras de crescimento vegetal. Siqueira e Franco (1988) demonstraram efeito microbiano positivo nas quantidades de N, P, K, Mn e Mo absorvidas pelas plantas, indicando a atuação destes na absorção e na translocação de nutrientes.

Na busca da potencialização destas ações foram desenvolvidos os inoculantes, que são produtos comerciais que contêm microrganismos com ação benéfica para o desenvolvimento das plantas, onde apenas os microrganismos validados pela pesquisa e autorizados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) podem ser utilizados nesta fabricação. Esses microrganismos ficam depositados em coleções de culturas com infraestrutura e recursos humanos qualificados, garantindo a conservação adequada e a qualidade do material genético.

Em 1991, Mariangela Hungria e colaboradores, deram início a Coleção de Culturas da Embrapa Soja que, desde então, tem sido fonte de ativos biotecnológicos para o desenvolvimento de diferentes tecnologias em diversas culturas, como inoculantes para o milho, trigo e pastagens. Em 2014, a Unidade lançou a tecnologia de coinoculação de sementes de soja e do feijoeiro, combinando a inoculação com rizóbios e *Azospirillum*. A distribuição de estirpes microbianas pela Embrapa Soja para as indústrias de inoculantes teve início em 2018, quando o MAPA homologou a Coleção de Culturas. Em 2020 foram enviadas 155 estirpes de bactérias para a produção de inoculantes, e atualmente são cerca de 4.500

estirpes armazenadas na Coleção da Embrapa Soja, o que representa um enorme potencial biotecnológico a ser explorado (EMBRAPA, 2021).

Em março de 2021, o Laboratório de Biotecnologia do Solo da Embrapa Soja (PR) recebeu, a acreditação do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) na norma ISO 17025:2017, tornando-se o primeiro laboratório de pesquisa público brasileiro apto a realizar análises de inoculantes e identificação de microrganismos. Este reconhecimento impactou positivamente o mercado de insumos biológicos no País, o qual encontra-se em grande crescimento, com a comercialização de mais de 70 milhões de doses de inoculantes na última safra e abre também as portas para a exportação de bioinsumos pela indústria nacional (EMBRAPA, 2021).

Contudo, não se pode deixar de averiguar o caminho que existe entre a saída do inoculante do laboratório até sua atuação nas plantas nos solos, por isso as pesquisas salientam o quão indispensável é o respeito das boas práticas de inoculação, para que a sobrevivência das bactérias seja assegurada para promover os benefícios esperados, tanto na inoculação, como na coinoculação. Torna-se necessário então, sua utilização dentro do prazo de validade recomendado e com garantia de número mínimo de células viáveis, realização da semeadura com boa disponibilidade hídrica, para a garantia da germinação das sementes e emergência das plântulas, bem como a realização do tratamento de sementes com fungicidas de menor impacto para as bactérias, entre outros procedimentos (BRACCINI et al., 2016).

O processo denominado FBN baseia-se na captação do nitrogênio atmosférico ( $N_2$ ) e sua transformação em amônia ( $NH_3$ ) pela enzima nitrogenase no nódulo na raiz. Esta conversão requer grande quantidade de energia, provida de ATP, devido à ligação tripla do  $N_2$ . Um efeito indesejado da nitrogenase é a formação de  $H^+$  em  $H_2$ , que retornam para a atmosfera acarretando em desperdício de ATP (OLANREWAJU; GLICK; BABALOLA, 2017; FRANCHE; LINDSTROM; ELMERICH, 2009). A redução do nitrogênio em amônia se dá pela equação:  $N_2 + 16MgATP + 8e^- + 8H^+ \rightarrow 2NH_3 + H_2 + 16MgADP + 16Pi$ .

Durante muitos anos a perspectiva relacionava-se ao reconhecimento inicial dos simbiossantes ocorrendo por moléculas exsudadas pela planta, como flavonóides, betaínas e isoflavonóides conjugados, que ativam os genes de nodulação (genes NOD) do rizóbio, iniciando a síntese de fatores NOD e induzindo o processo de infecção no hospedeiro que resulta na nodulação. Similarmente aos compostos da planta que induzem os genes NOD na bactéria, os fatores NOD da bactéria também induzindo expressão gênica específica na planta hospedeira análoga (SIQUEIRA; MOREIRA, 2001; GAGE, 2004; BÁRBARO et al., 2008).



A questão é, que de fato, o feijoeiro quando associado à *Azospirillum brasilense*, produz maior quantidade de flavonóides e isoflavonóides, os quais estimulam a nodulação, o que explica a maior nodulação por rizóbio existente no feijoeiro quando inoculado com *Azospirillum* e rizóbio, conjuntamente (BURDMAN et al., 1996).

Contudo, Cerro et al. (2015) relataram para *R. tropici* CIAT 899 o modelo mais complexo de regulação de genes de nodulação descrito, onde cinco genes nodD desempenharam papéis diferentes dependendo da planta hospedeira e do ambiente indutor. Dependendo da leguminosa hospedeira, a nodulação requer de um a quatro genes nodD e, NodD3 e nodD5 foram identificados como ativadores do gene NodD1, ao passo que, pela primeira vez, foi mostrado que um gene regulador nodD (nodD4) pode atuar como repressor ou indutor, dependendo do ambiente indutor, dando suporte à hipótese de que papéis nodD vão além da nodulação, em termos de respostas aos estresses abióticos, podendo supor que ajudam *R. tropici* a melhorar a gama de hospedeiros e a capacidade de nodular os hospedeiros sob condições ambientais adversas.

Nos estudos de Cerro et al. (2017), os pesquisadores elucidaram que o *Rhizobium tropici* CIAT 899 produz fatores de nodulação sob estresse abiótico, como acidez ou alta concentração de sal. O sequenciamento do genoma do CIAT 899 permitiu a identificação de cinco genes nodD e a confirmação pela primeira vez em *Rhizobium tropici* CIAT 899 que uma proteína NodD (NodD2) está implicada na ativação transcricional dos genes da nodulação sob condições de estresse salino de maneira independente de flavonóides. Além disso, também demonstraram que NodD1 e NodD2 controlam toda a síntese de Fatores Nod (genes Nod) no CIAT 899 e são necessários para uma simbiose bem-sucedida com *P. vulgaris* e *L. burtii*. Em resumo, a análise transcriptômica revelou que o NodD2 medeia a ativação transcricional de todos os genes simbióticos do *R. tropici* CIAT 899 sob estresse salino em um processo que pode ser potencializado pelo NodD1. Assim, o mecanismo de nodulação e, portanto, a síntese de Fatores Nod na simbiose com leguminosas dependeu totalmente dos reguladores transcricionais NodD1 e NodD2 em *R. tropici* CIAT 899.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE M. J. B. et al. Exigências Edafoclimáticas. In.: CARNEIRO J. E., P JÚNIOR T. J., BORÉM A (ed.) **Feijão do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, 2015. p. 67-95.
- ANGIOI, S. A. et al. Beans in Europe: Origin and structure of the European landraces of *Phaseolus vulgaris* L. **Theoretical and Applied Genetics**, Heidelberg, v. 121, n. 5, p. 829-843, 2010.
- BÁRBARO, I. M. et al. Técnica alternativa: co-inoculação de soja com *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* visando incremento de produtividade. **Infobibos**, [s. l.], v. 4, 2008. Disponível em: [http://www.infobibos.com/Artigos/2008\\_4/coinoculacao/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2008_4/coinoculacao/index.htm).
- BARBER, D. A.; MARTIN, J. K. The release of organic substances by cereal roots into soil. **New Phytologist**, Lancaster, v. 76, n. 1, p. 69-80, 1976.
- BRACCINI, A. L. et al. Co-inoculação e Modos de Aplicação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* e Adubação Nitrogenada na Nodulação das Plantas e Rendimento da Cultura da Soja. Maringá, **Scientia Agraria Paranaensis**, Cascavel, v. 15, n. 1, p. 27-35, 2016.
- BURDMAN S. et al. Promotion of nod Gene Inducers and Nodulation in Common Bean (*Phaseolus vulgaris*) Roots inoculated with *Azospirillum brasilense* Cd. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 62, p. 3030-3033, 1996.
- CERRO, P. et al. Opening the “black box” of nodD3, nodD4 and nodD5 genes of *Rhizobium tropici* strain CIAT 899. **BMC genomics**, London, v. 16, n. 1, p. 1-10, 2015.
- CERRO, P. et al. The *Rhizobium tropici* CIAT 899 NodD2 protein regulates the production of Nod factors under salt stress in a flavonoid-independent manner. **Scientific Reports**, London, v. 7, n. 46712, p. 1-10, 2017.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos, 2017**. Brasília, DF: CONAB, 2017.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos, 2018**. Brasília, DF: CONAB, 2018.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos, sétimo levantamento, abril/2019**. Brasília, DF: CONAB, 2019. v. 6. 119 p. (Safr 2018/19, n. 7). 2019.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos 2020**. Brasília, DF: CONAB, 2020. v. 8., p. 1-86. (Safr 2020/21, n. 3). 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>.
- DOORENBOS J., KASSAM A. H. Efeito da água no rendimento das culturas. **Estudos FAO: Irrigação e Drenagem**. Campina Grande: UFPB. 360p. 1994.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. 2021. Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação. Agricultura de Baixo Carbono. Acesso em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/60586241/brasil-tem-o-primeiro-laboratorio-publico-de-pesquisa-acreditado-para-analise-de-inoculantes>.

FAGERIA N. K. et al. Solos e diagnose do estado nutricional. In.: FAGERIA N. K., STONE L. F., SANTOS A. B., CARVALHO MCS (ed.) **Nutrição mineral do feijoeiro**. Brasília: EMBRAPA, 2015. p. 16-40.

FERREIRA, A. N. et al. Estirpes de *Rhizobium tropici* na inoculação do feijoeiro. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 507-512, 2000.

FIGUEIREDO, M. A. D. et al. Nitrogen and molybdenum fertilization and inoculation of common bean with *Rhizobium* spp. in two oxisols. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 38, n. 1, p. 85-92, 2016.

FILLA V. A. **Atributos agronômicos e qualitativos de cultivares de feijoeiro comum sob monitoramento de manejo de fornecimento de nitrogênio utilizando o clorofilômetro portátil**. 2019. 44 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Unesp, Jaboticabal, 2019.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **The global economy of pulses**. Rome. 2020.

FRANCHE, C.; LINDSTRÖM, K.; ELMERICH, C. Nitrogen-fixing bacteria associated with leguminous and non-leguminous plants. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 321, n. 1-2, p. 35-59. 2009.

GAGE, D. J. Infection and invasion of roots by symbiotic, nitrogen-fixing rhizobia during nodulation of temperate legumes. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, Washington, v. 68, n. 2, p. 280-300, 2004.

HARTMANN, A.; ROTHBALLER, M.; SCHMID, M. Lorenz Hiltner, a pioneer in rhizosphere microbial ecology and soil bacteriology research. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 312, n. 1, p. 7–14, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-007-9514-z>

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

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. Fixação biológica do nitrogênio com a cultura da soja. In: Workshop Nitrogênio na sustentabilidade de sistemas intensivos de produção agropecuária, 2000, Dourados. **Anais [...]** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2000. p. 51-75. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 26; Embrapa Agrobiologia. Documentos, 128).

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 36p. (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 1516-781X; n. 325).

KIPE-NOLT, J. A.; MONTEALEGRE, C. M.; TOHME, J. Restriction of nodulation by the broad host range *Rhizobium tropici* strain CIAT 899 in wild accessions of *Phaseolus vulgaris* L. **New Phytologist**, Oxford, v. 120, n. 4, p. 489-494, 1992.

KLASENER G. R. et al. Consumer preference and the technological and nutritional quality of diferente beans colours. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 42, p. e43689, 2020.

KLOEPPER, J. W.; SCHROTH, M. N. Plant growth-promoting rhizobacteria on radishes. In: **Proc. of the 4th Internet. Conf. on Plant Pathogenic Bacter, Station de Pathologie Vegetale et Phytobacteriologie, INRA, Angers, France, 1978**. p. 879-882, 1978.

LEAL F. T. et al. Use efficiency and responsivity to nitrogen of common bean cultivars. **Science and Agrotechnology**, [s. l.], v. 46, p. e004919, 2019.

MARIOT, E. J. Ecofisiologia do feijoeiro. In: IAPAR (ed.). **O feijão no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1989. p. 25-41. (Circular, 63).

MATOSO, S. C.; KUSDRA, J. F. Nodulação e crescimento do feijoeiro em resposta à aplicação de molibdênio e inoculante rizobiano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 6, p. 567-573, 2014.

OLANREWAJU, O. S.; GLICK, B. R.; BABALOLA, O. O. Mechanisms of action of plant growth promoting bacteria. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, Dordrecht, v. 33, n. 11, p. 197, 2017.

ROSOLEM, C. A.; MARUBAYASHI, O. M. Seja o doutor do seu feijoeiro In: **Encarte de Informações Agrônômicas**, n. 68, 16p., 1994.

SANTOS A. B. et al. Resposta do feijoeiro ao manejo de nitrogênio em várzeas tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, n. 38, p. 1265- 1271, 2003.

SILVA, G. M. B. **Formação de um painel de diversidade genética em feijão comum**. 2011. 57f. Dissertação (Mestrado). Instituto Agrônômico de Campinas, Campinas – SP, 2011.

SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Biotechnologia do solo**: fundamentos e perspectivas. Ministério da Educação e Cultura, 1988. 235 p.

SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. **Biologia e bioquímica do solo**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2001.

SORATTO R. P. et al. Épocas de aplicação de nitrogênio em feijoeiro cultivado após milho solteiro ou consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, n. 48, p. 1351-1359, 2013.

STRALIOTTO R.; TEIXEIRA M. G.; MERCANTE F. M. **Cultivo do feijoeiro comum**: Fixação Biológica de Nitrogênio. Santo Antônio de Goiás: Embrapa arroz e feijão, 2003.

TARSITANO, M. A. A.; SANT'ANA, A. L; TARSITANO, R. A. **Aspectos sociais e econômicos da produção de feijão**. Aspectos gerais da cultura do feijão *Phaseolus vulgaris* L. Botucatu: FEPAF, 2015. 433 p.

TULLIO, L. D. et al. Revealing the roles of y4wF and tidC genes in *Rhizobium tropici* CIAT 899: biosynthesis of indolic compounds and impact on symbiotic properties. **Archives of microbiology**, New York, v. 201, n. 2, p. 171-183, 2019.

### 3 ARTIGO 1 – TRATAMENTO QUÍMICO DE SEMENTES, INOCULAÇÃO E COINOCULAÇÃO DO FEIJÃO DE INVERNO E ADUBAÇÃO DE COBERTURA

#### RESUMO

Em condições de casa de vegetação localizada na Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Campus II, realizou-se experimento com objetivo de avaliar o desempenho do feijoeiro e o possível incremento ao crescimento vegetal (parte aérea e radicular), bem como na produção de grãos em tratamentos inoculados e/ou coinoculados via sementes com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*, e com fungicida e/ou inseticida, em solo arenoso e argiloso. Foram utilizados 112 vasos e aplicados 14 tratamentos, em delineamento experimental inteiramente casualizado, com 4 repetições. Para a análise dos resultados foi utilizado o teste de Scott Knott, o qual demonstrou que não adicionar nada as sementes (nenhum tratamento químico e nenhuma inoculação), ou então, fazer o uso conjunto de tratamento de sementes com fungicida e inseticida e coinoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*, reduziu a produção do feijoeiro de inverno em solo argiloso. Enquanto que o uso conjunto de fungicida e inseticida, fungicida e *R. tropici*, e fungicida, inseticida e *R. tropici*, favoreceu o desenvolvimento da parte aérea das plantas. A inoculação por *A. brasilense*, sem o *R. tropici* e com inseticida ou inseticida mais fungicida, proporcionou maior massa de raízes do feijoeiro em solo argiloso. Em solo arenoso, a produção de grãos do feijoeiro de inverno foi superior com tratamento de sementes somente com inseticida, somente com *R. tropici* e também com os dois em conjunto. Essa produção mostrou-se inferior, novamente, no tratamento conjunto entre fungicida, inseticida e coinoculação de bactérias, e também com uso do inseticida combinado com *A. brasilense*.

**Palavras-chave:** *Azospirillum brasilense*; *Rhizobium tropici*; fungicida; inseticida.

## CHEMICAL SEED TREATMENT, INOCULATION AND COINOCULATION OF WINTER BEAN AND COVER FERTILIZATION

### ABSTRACT

In greenhouse conditions located at the Faculty of Engineering of Ilha Solteira - Campus II, the experiment was carried out with the objective to evaluate the performance of common beans and the possible increase in plant growth (shoot and root), as well in grain production in inoculated and/or coinoculated treatments via seeds with *Rhizobium tropici* and *Azospirillum brasilense*, and with fungicide and/or insecticide, in sandy and clayey soils. 112 pots were used and 14 treatments were applied, in a completely randomized experimental design, with 4 replications. For the analysis of the results, the Scott Knott test was used, which demonstrated that it did not add anything to the seeds (no chemical treatment and no inoculation), or that the combined use of seed treatment with fungicide and insecticide and coinoculation of *Rhizobium tropici* and *Azospirillum brasilense*, reduced the production of winter common beans in clayey soil. And while the joint use of fungicide and insecticide, fungicide and *R. tropici*, and fungicide, insecticide and *R. tropici*, favored the development of the aerial part of plants. The use of *A. brasilense*, without *R. tropici* and with insecticide or insecticide more fungicide, provided greater mass in bean roots in clayey soil. In sandy soil, winter common beans grain yield was higher with seed treatment with only insecticide, only with *R. tropici* and also with both together. This production proved to be lower, again, in the joint treatment between fungicide, insecticide and coinoculation of bacteria, and also where insecticide was used combined with *A. brasilense*.

**Keywords:** *Azospirillum brasilense*; *Rhizobium tropici*; fungicide; insecticide.

### 3.1 INTRODUÇÃO

O nitrogênio é o nutriente exigido em maior quantidade pelo feijoeiro (VAZQUEZ; SÁ, 2015). A grande quantidade exigida pelas culturas, os altos custos dos fertilizantes nitrogenados, a baixa eficiência de uso pelas plantas, os processos de perdas para o ambiente (desnitrificação, volatilização e lixiviação) e o risco de contaminação ambiental (MERCANTE et al., 2011), evidenciam a importância do manejo do nutriente para a viabilidade dos cultivos agrícolas, em condições de alta temperatura e umidade, que aceleram os processos de decomposição da matéria orgânica e perdas de N, tornando necessária a sua reposição durante os ciclos de cultivo (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2007).

No Brasil, o fornecimento de N para a cultura da soja foi resolvido com o uso de bactérias que fixam biologicamente nitrogênio (FBN), por meio da inoculação de estirpes de elite de *Bradyrhizobium*, gerando uma economia de US\$ 9 bilhões em fertilizantes todos os anos (HUNGRIA; MENDES; MERCANTE, 2013a) e contribuindo na redução da liberação de milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> na atmosfera, oriundas da produção de fertilizantes (EMBRAPA, 2016).

As pesquisas com soja estão atualmente voltadas ao refinamento desta tecnologia na busca de incremento na produtividade de cultivares cada vez mais responsivos, enquanto que para o feijoeiro, o objetivo ainda é suprir a necessidade básica de N para a cultura (EMBRAPA, 2016), ou substituir em parte a demanda do nutriente fornecido via adubação.

Assim, com o intuito de melhorar o desempenho do rizóbio e a eficiência da FBN, dentre outros benefícios, estudam-se técnicas de coinoculação, que consistem na combinação de bactérias do gênero *Rhizobium* (simbióticas) com as do gênero *Azospirillum* (associativas), as quais podem produzir efeitos sinérgicos na potencialização da nodulação e maior crescimento, que superam os resultados quando utilizadas de forma isolada (BÁRBARO et al., 2008).

Outra linha de pesquisa importante está na busca por formas de aplicação que garantam maior sobrevivência das bactérias no solo. Basicamente disseminada pelo Brasil por meio de tratamento de sementes, hoje, a inoculação e a coinoculação, ganham novas possibilidades com a aplicação via sulco de semeadura ou em estádios iniciais de desenvolvimento via foliar ou por aspersão no solo (MORETTI et al., 2018), uma vez que algumas pesquisas mostram que ao invés de efeito sinérgico, a coinoculação via semente pode gerar competição entre as bactérias, mantendo ou reduzindo o desempenho (SOUZA et al., 2018; SOUZA et al., 2019).



As sementes são a base da agricultura moderna, sendo seus atributos físicos, genéticos, sanitários e fisiológicos fatores essenciais no estabelecimento da população ideal de plantas (VAZQUEZ; SÁ, 2015). Contudo, estas podem ser afetadas por patógenos e também por insetos praga desde o início do seu ciclo, tornando o tratamento químico, mediante a aplicação de fungicidas e/ou inseticidas, uma das tecnologias mais utilizadas na semeadura (HENNING, 2015; ITO et al., 2003), e muito importante na proteção da germinação das sementes e no estabelecimento do estande no campo, principalmente em áreas onde o feijão é cultivado todos os anos (SARTORATO; RAVA, 1994).

O Brasil tornou-se referência no uso de bactérias diazotróficas e/ou promotoras de crescimento. Contudo, ainda são necessárias muitas informações, tais como a efetividade das formas de aplicação, e, se há incompatibilidade com diferentes químicos no desempenho das espécies vegetais em solos de variadas texturas, para que se tenha a ciência dos potenciais e reais ganhos oriundos desta tecnologia em cada região.

Portanto, realizou-se o experimento com o objetivo de avaliar o desempenho do feijoeiro de inverno, além do possível incremento ao crescimento vegetal (parte aérea e radicular), bem como de produção de grãos nos tratamentos inoculados e/ou coinoculados via sementes com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*, tratados com fungicida e/ou inseticida, em solo argiloso e arenoso.

### 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no inverno de 2019, em vasos, em condições de casa de vegetação na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP), em Ilha Solteira – São Paulo – Brasil.

Para o preenchimento dos vasos foram coletados solos da camada superficial de 0 a 0,20 metros de profundidade, em áreas da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP). O solo argiloso foi coletado no Setor de Produção Vegetal – Fazenda Cerrado – localizada no município de Selvíria – MS (20°20'05"S e 51°24'26"W, altitude de 335 metros) – classificado como LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico argiloso; e o solo arenoso foi coletado no Setor de Produção Animal – Fazenda Bovino – localizada no município de Selvíria – MS (20°22'29"S e 51°24'50"W, altitude de 339 metros) – classificado como LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico; ambos classificados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2018) e anteriormente a coleta faziam o cultivo de pastagem.

Amostras desses solos foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira com malha de 2 mm, constituindo-se Terra Fina Seca ao Ar (TFSA) e realizadas análises químicas (RAIJ et al., 2001) no Laboratório de Fertilidade do Solo da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira.

Os atributos químicos do solo argiloso na camada de 0 a 0,20 m de profundidade foram: Fósforo (P resina) 3 mg/dm<sup>3</sup>, matéria orgânica 20 g/dm<sup>3</sup>, pH (CaCl<sub>2</sub>) 4,2; potássio (K) 0,8; cálcio (Ca) 3; magnésio (Mg) 1; acidez potencial (H+Al) 42; alumínio (Al) 12; soma de bases (SB) 4,8 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, enxofre (S-SO<sub>4</sub>) 5 mg/dm<sup>3</sup>, capacidade de troca catiônica (CTC) 46,8 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, saturação por bases (V) de 10 %, saturação por alumínio (m%) 71 %, boro (B) 0,20; cobre (Cu) 1,3; ferro (Fe) 23, manganês (Mn) 7,8 e zinco (Zn) 0,2 mg/dm<sup>3</sup>.

Os atributos químicos do solo arenoso na camada de 0 a 0,20 m de profundidade foram: Fósforo (P resina) 1 mg/dm<sup>3</sup>, matéria orgânica 18 g/dm<sup>3</sup>, pH (CaCl<sub>2</sub>) 5,0; potássio (K) 0,6; cálcio (Ca) 11; magnésio (Mg) 8; acidez potencial (H+Al) 18; alumínio (Al) 0; soma de bases (SB) 19,6 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, enxofre (S-SO<sub>4</sub>) 4 mg/dm<sup>3</sup>, capacidade de troca catiônica (CTC) 37,6 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, saturação por bases (V) de 52 %, saturação por alumínio (m%) 0 %, boro (B) 0,18; cobre (Cu) 0,5; ferro (Fe) 18; manganês (Mn) 3,1 e zinco (Zn) 0,3 mg/dm<sup>3</sup>.

Em cada vaso, contendo em sua base duas perfurações para drenagem, foram colocados 7 quilogramas de solo peneirado e com base nos resultados das análises de solos, realizou-se o cálculo da necessidade de calcário pela fórmula:

$$NC = CTC \frac{(V2-V1)}{10 \times PRNT} \quad (1)$$

Sendo, NC = necessidade de calcário em t/ha, CTC = capacidade de troca catiônica em mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, V2 = saturação por bases desejada para a cultura, V1 = saturação por bases encontrada na análise do solo e PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário.

Desta forma aplicou-se para a correção da acidez dos solos argiloso e arenoso, respectivamente, 11,6 e 2,8 g de calcário dolomítico de PRNT 86%, por vaso, equivalentes a 3,3 e 0,8 t/ha, e realizou-se a incorporação deste ao solo. Utilizou-se o período de incubação de 30 dias, sendo os solos dos vasos constantemente umedecidos, de modo a favorecer a reação do calcário no solo.

Após este período, realizou-se a adubação anteriormente a semeadura com 200 mg kg<sup>-1</sup> de N, 200 mg kg<sup>-1</sup> de P, 120 mg kg<sup>-1</sup> de K e 5 mg kg<sup>-1</sup> de Zn, de acordo com Andreotti et al. (2000). Como fontes destes nutrientes foram utilizados, em cada vaso, 2,2 g de sulfato de amônio, 8,4 g da formulação 04-30-10; 1,5 g de cloreto de potássio e 0,16 g de sulfato de

zinco. Uma adubação de cobertura foi realizada aos 36 dias após a semeadura com 2,2 g de sulfato de amônio por vaso.

No dia 17/06/2019 foram colocadas seis sementes de feijão cultivar IAC-Sintonia em cada um dos vasos. O tratamento de sementes foi realizado pouco antes da semeadura e os 14 tratamentos constaram de: 1. Controle; 2. Fungicida (F); 3. Inseticida (I); 4. F + I; 5. *Rhizobium tropici* (R); 6. F + R; 7. I + R; 8. F + I + R; 9. *Azospirillum brasilense* (A); 10. F + A; 11. I + A; 12. F + I + A; 13. R + A; 14. F + I + R + A.

Os tratamentos foram preparados em 14 copos plásticos, contendo 48,5 g de sementes cada copo, numa média de 200 sementes por copo, onde foram adicionados na sequência, inicialmente o fungicida, seguido do inseticida e finalizando com o *R. tropici* e o *A. brasilense*, respectivamente, quando presentes, e com intervalo de tempo entre a adição de um produto comercial e outro, de modo a permitir que só se aplicasse o próximo produto após a secagem do anterior.

Nos tratamentos com fungicida foram utilizados 0,05 g (100 g p.c./100 kg de sementes) do fungicida Tiofanato-metílico 700 g/kg, de atuação sistêmica do grupo químico Benzimidazol (precursor de), em formulação do tipo pó molhável (WP). Classificado como categoria 5 na classificação toxicológica (improvável de causar dano agudo) e classe II na classificação do potencial de periculosidade ambiental (produto muito perigoso ao meio ambiente), indicado para a cultura do feijoeiro na forma de pulverizações da parte aérea (podridão-de-Sclerotinia, Antracnose, podridão-de-Ascochyta, podridão-do-colo e oídio) e em tratamento de sementes (podridão-radicular-seca (*Fusarium solani f.sp phaseoli*) e antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*)).

Utilizou-se nos tratamentos com inseticida 0,485 mL (1 L/100 kg de sementes) do inseticida Imidacloprido 150 g/L + Tiodicarbe 450 g/L, de atuação sistêmica do grupo químico dos neonicotinoides (Imidacloprido) e de contato e ingestão do grupo químico metilcarbamato de oxima (Tiodicarbe), em formulação do tipo suspensão concentrada (FS) específica para tratamento de sementes. Classificado como categoria 3 na classificação toxicológica (produto moderadamente tóxico) e classe II na classificação do potencial de periculosidade ambiental (produto muito perigoso ao meio ambiente), indicado para o controle de pragas como mosca-branca (*Bemisia tabaci*), vaquinha-verde-amarela (*Diabrotica speciosa*) e cigarrinha-verde (*Empoasca kraemer*) na cultura do feijoeiro.

Para a inoculação com *Rhizobium tropici* a dose foi de 400 mL/ha do inoculante, considerando-se 50000 g de sementes por hectare, chegou-se, portanto, a 0,388 mL por 48,5 g de sementes. O mesmo cálculo foi realizado para a definição da dose de *Azospirillum*

*brasiliense* (Ab-V5 e Ab-V6, garantia de  $2 \times 10^8$  UFC/mL), utilizando-se 0,388 mL em cada copo.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado por classe textural de solo. Desta forma, considerando-se os 14 tratamentos com 4 repetições, totalizou-se 56 unidades experimentais no solo argiloso e 56 com solo arenoso (Figura 1).

Figura 1 – Foto do experimento em vasos com diferentes tratamentos de sementes, inoculação e coinoculação do feijão de inverno, em solo argiloso (esquerda) e arenoso (direita). Ilha Solteira, SP, 2019.



Fonte: Própria autora

No estágio  $V_1$  (fase de emergência de plântulas) do feijoeiro foi realizado o desbaste, mantendo-se apenas duas plantas por vaso. Em  $V_3$ , com a primeira folha composta aberta, realizou-se a medição da altura das plantas. No estágio  $R_5$  (Florescimento), onde mais de 50% das plantas apresentavam flor, foi medido com auxílio de clorofilômetro digital (Falker), o índice de clorofila no terceiro trifólio de cada planta por vaso.

A irrigação durante todo o período do experimento foi realizada com base em leituras de equipamento medidor de umidade do solo – PCR, aplicando-se manualmente quantidades de água de modo a manter o solo em 70% da capacidade de campo.

Na ocasião da colheita, foram realizadas avaliações de número de vagens por planta, número de grãos e produção de grãos por planta. Após o arranquio das plantas por vaso, estas

foram separadas em parte aérea e raízes para determinação do comprimento de raízes, volume radicular (método do deslocamento de água em proveta), massa fresca e massa seca de parte aérea e raízes.

Os resultados foram inseridos no programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011) e submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade e as médias foram comparadas pelo método de Scott Knott (1974).

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.3.1 Solo Argiloso

Os teores foliares de macronutrientes (Tabela 1) não tiveram variações significativas em função dos tratamentos de sementes e inoculações. Segundo Ambrosano et al (1996), todos os teores nutricionais foliares do feijoeiro estão dentro da faixa adequada, exceto o cálcio que ficou pouco abaixo, por efeito recente da correção da acidez do solo (calagem), e ainda sem dissolução total do corretivo de baixa solubilidade no solo. Como todos os tratamentos receberam as mesmas quantidades adequadas de corretivos e fertilizantes e os vasos permaneceram com solo úmido durante toda a condução do experimento, não houve restrição nutricional para o feijoeiro. Destaca-se que em ambiente confinado (vaso), sem competição inter e intraespecífica, o efeito hormonal das bactérias promotoras de crescimento, não fica evidente, mesmo com efeito significativo na massa de raízes (Tabela 3).

Observa-se pelos resultados obtidos em solo argiloso que de maneira geral, as reservas de nutrientes e água, maior neste tipo de solo, podem ter mascarado parte dos efeitos dos diferentes tratamentos de sementes (Tabelas 2 e 3).

Nos atributos morfológicos e componentes da produção (Tabela 2), houve diferenças significativas apenas para produção de matéria fresca da parte aérea e na altura de plantas. Com base nestes valores de matéria fresca da parte aérea pode-se verificar que as plantas dos tratamentos com o uso de somente fungicida e inseticida, fungicida e *Rhizobium tropici* e as com fungicida, inseticida e *Rhizobium tropici*, se mostraram mais vigorosas. Provavelmente, tal resultado pode ser atribuído por estes tratamentos terem mantido as plantas verdes por maior tempo em relação aos demais. Enquanto que o uso do *Azospirillum brasilense* não se destacou na produção de massa verde por planta, mostrando-se inferior, principalmente quando utilizado em conjunto com fungicida + inseticida ou em conjunto com *Rhizobium*

*tropici*, além de quando utilizado em conjunto com fungicida + inseticida + *Rhizobium tropici*.

Tabela 1. Médias dos teores foliares de macronutrientes do feijoeiro de inverno, em função do tratamento de sementes em solo argiloso. Ilha Solteira, 2019.

| Tratamentos  | Nitrogênio | Fósforo | Potássio | Cálcio | Magnésio | Enxofre |
|--------------|------------|---------|----------|--------|----------|---------|
| (g/kg)       |            |         |          |        |          |         |
| C (1)        | 48,8       | 4,1     | 26,2     | 7,0    | 4,5      | 4,2     |
| F (2)        | 45,2       | 4,2     | 26,6     | 5,7    | 4,0      | 3,4     |
| I (3)        | 45,3       | 3,7     | 23,4     | 5,5    | 3,9      | 3,5     |
| F+I (4)      | 45,0       | 4,4     | 23,9     | 5,5    | 3,6      | 3,4     |
| R (5)        | 50,1       | 3,9     | 28,1     | 5,9    | 4,1      | 3,1     |
| F+R (6)      | 48,4       | 4,6     | 30,2     | 5,4    | 3,8      | 3,4     |
| I+R (7)      | 48,5       | 4,8     | 28,5     | 5,1    | 3,5      | 3,5     |
| F+I+R (8)    | 46,0       | 3,9     | 24,9     | 5,2    | 4,0      | 3,5     |
| A (9)        | 41,2       | 3,9     | 26,8     | 5,1    | 3,6      | 3,5     |
| F+A (10)     | 50,3       | 3,7     | 25,3     | 4,4    | 3,3      | 3,6     |
| I+A (11)     | 45,6       | 4,1     | 25,0     | 3,9    | 3,1      | 3,6     |
| F+I+A (12)   | 45,6       | 3,6     | 24,9     | 4,7    | 3,3      | 3,7     |
| R+A (13)     | 45,7       | 3,7     | 26,8     | 5,0    | 3,6      | 3,1     |
| F+I+R+A (14) | 47,6       | 3,7     | 29,7     | 4,7    | 3,9      | 3,9     |

Nota: C = Controle; F = Fungicida; I = Inseticida; R = *Rhizobium tropici*; A = *Azospirillum brasilense*. Fonte: Próprio autor.

No mesmo viés, observa-se que a altura das plantas se mostrou menor em dois dos tratamentos, sendo um deles com uso do *Azospirillum brasilense* de maneira conjunta com fungicida + inseticida (12) e o outro do *Azospirillum brasilense* em conjunto somente com o *Rhizobium tropici* (13). Enquanto isso, no tratamento com os quatro componentes de tratamento das sementes, a altura foi favorecida de forma semelhante aos demais tratamentos. Essa menor altura de plantas em V3, encontrada nos tratamentos 12 e 13, não interferiram negativamente na produção de grãos por planta.

Para o índice de clorofila foliar não foram observadas diferenças significativas, o que indica que apesar de nenhum dos tratamentos ter se destacado neste aspecto, as plantas encontravam-se a pleno desenvolvimento. Souza et al. (2019) avaliando em condições de

campo a coinoculação de feijoeiro com diferentes manejos de adubação de semeadura e cobertura, verificaram que não houve influência na taxa de assimilação do CO<sub>2</sub> das cultivares Pérola e Dama, cultivadas em sistema silviagrícola.

O número de vagens não diferiu significativamente para os tratamentos, contudo todos proporcionaram produção maior que 10 vagens por planta. Para o número de grãos houve semelhança para os tratamentos, fator que pode ter sido mascarado pela adequada disponibilidade de água e nutrientes no momento do enchimento de grãos (Tabela 2).

Tabela 2. Médias da altura de plantas (AP), índice de clorofila foliar (ICF), produção de matéria fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, número de vagens por planta (NVP), de grãos por planta (NGP) e da massa de grãos por planta a 13% de umidade (MG), do feijoeiro em função do tratamento de sementes em solo argiloso. Ilha Solteira, 2019.

| Tratamentos  | AP (cm) | ICF  | MFPA (g) | MSPA (g) | NVP   | NGP   | MG (g) |
|--------------|---------|------|----------|----------|-------|-------|--------|
| C (1)        | 13,7 a  | 50,2 | 26,6 c   | 17,2     | 13,4  | 41,4  | 11,2 b |
| F (2)        | 14,1 a  | 51,6 | 29,8 c   | 19,1     | 12,0  | 40,3  | 13,2 a |
| I (3)        | 13,0 a  | 50,1 | 27,0 c   | 19,3     | 11,0  | 36,8  | 12,8 a |
| F+I (4)      | 12,5 a  | 52,1 | 37,5 a   | 20,1     | 11,9  | 36,8  | 12,7 a |
| R (5)        | 12,4 a  | 49,9 | 36,2 b   | 21,8     | 11,6  | 41,5  | 14,0 a |
| F+R (6)      | 12,7 a  | 49,1 | 40,3 a   | 20,5     | 13,0  | 42,8  | 12,8 a |
| I+R (7)      | 12,1 a  | 50,5 | 32,4 b   | 20,7     | 10,5  | 42,6  | 14,3 a |
| F+I+R (8)    | 12,3 a  | 48,9 | 38,3 a   | 23,6     | 13,1  | 42,6  | 13,3 a |
| A (9)        | 13,3 a  | 48,9 | 35,3 b   | 19,8     | 12,3  | 35,9  | 13,5 a |
| F+A (10)     | 13,5 a  | 50,5 | 36,1 b   | 21,3     | 13,1  | 39,8  | 12,7 a |
| I+A (11)     | 12,6 a  | 51,3 | 35,2 b   | 21,2     | 12,5  | 37,3  | 12,2 a |
| F+I+A (12)   | 10,1 b  | 49,4 | 29,4 c   | 19,9     | 10,8  | 38,3  | 12,3 a |
| R+A (13)     | 10,2 b  | 51,3 | 26,5 c   | 18,9     | 11,9  | 40,5  | 12,2 a |
| F+I+R+A (14) | 12,0 a  | 51,4 | 25,9 c   | 18,0     | 10,4  | 29,5  | 9,3 b  |
| <b>CV%</b>   | 11,12   | 4,86 | 7,32     | 12,08    | 15,98 | 15,01 | 11,35  |

Nota: C = Controle; F = Fungicida; I = Inseticida; R = *Rhizobium tropici*; A = *Azospirillum brasilense*. Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem pelo teste de Scott-Knott (P<0,05). Próprio autor.

Embora com diferenças na produção de matéria fresca da parte aérea, a matéria seca não mostrou diferenças significativas, assim como verificado por Souza et al. (2018), também na coinoculação de *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici* em feijoeiro sob sistema

agroecológico no campo. Indicando que os maiores valores de matéria fresca realmente se deram devido as plantas encontrarem-se em diferentes estágios de senescência.

Tabela 3. Médias do comprimento da raiz principal (CRP), volume radicular por planta (VRP), produção de matéria fresca (MFR) e seca (MSR) de raízes do feijoeiro, em função do tratamento de sementes em solo argiloso. Ilha Solteira, 2019.

| Tratamentos  | CRP (cm) | VRP (cm <sup>3</sup> ) | MFR (g) | MSR (g) |
|--------------|----------|------------------------|---------|---------|
| C (1)        | 36,5     | 16,8                   | 5,8 b   | 5,1 b   |
| F (2)        | 43,3     | 15,0                   | 4,3 b   | 3,4 b   |
| I (3)        | 50,0     | 15,0                   | 6,4 b   | 5,3 b   |
| F+I (4)      | 40,3     | 15,0                   | 4,9 b   | 4,5 b   |
| R (5)        | 39,8     | 15,0                   | 4,7 b   | 4,1 b   |
| F+R (6)      | 44,3     | 13,6                   | 5,1 b   | 4,5 b   |
| I+R (7)      | 49,0     | 15,0                   | 5,6 b   | 4,8 b   |
| F+I+R (8)    | 39,8     | 16,9                   | 6,2 b   | 5,6 b   |
| A (9)        | 45,3     | 17,5                   | 6,4 b   | 5,7 b   |
| F+A (10)     | 40,5     | 17,5                   | 6,9 b   | 5,9 b   |
| I+A (11)     | 46,8     | 16,3                   | 9,1 a   | 8,3 a   |
| F+I+A (12)   | 44,3     | 20,0                   | 11,1 a  | 10,4 a  |
| R+A (13)     | 40,0     | 17,5                   | 7,7 b   | 6,2 b   |
| F+I+R+A (14) | 40,5     | 17,5                   | 6,3 b   | 5,5 b   |
| CV%          | 16,62    | 14,35                  | 24,72   | 28,98   |

Nota: C = Controle; F = Fungicida; I = Inseticida; R = *Rhizobium tropici*; A = *Azospirillum brasilense*. Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ ). Fonte: Próprio autor.

Para Straliotto, Teixeira e Mercante (2003), a inoculação das sementes com bactérias do grupo *Rhizobium* é uma alternativa que pode substituir, mesmo que em parte, a adubação nitrogenada no feijoeiro. Todavia, segundo Peres et al. (2018), o cultivo do feijoeiro em condições de campo, com aplicação de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura sem inoculação proporcionou qualidade fisiológica de sementes satisfatória, não havendo a necessidade de aplicação de maiores doses de nitrogênio e inoculação com *R. tropici*, ou inoculação com *A. brasilense* ou coinoculação com *R. tropici* e *A. brasilense*. Estes e outros diversos resultados de pesquisas inferem que a principal responsável pela grande variabilidade nos resultados obtidos com a inoculação do feijoeiro é a existência generalizada e diversificada de bactérias



nativas no solo, que competem com as bactérias inoculadas, e, portanto, interagem diferencialmente com as diversas cultivares utilizados, acarretando variabilidade da resposta à nodulação e à FBN (CASSINI; FRANCO, 2006).

Nesta pesquisa, a produção de grãos por planta (13% de umidade) apresentou diferença significativa nos tratamentos 1 e 14, que se mostraram inferiores em relação aos demais, demonstrando que não fazer uso de nenhum tratamento ou inoculação de sementes, ou então, fazer o uso de tratamento de sementes com fungicida, inseticida e coinoculação por *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* juntos, trazem prejuízos na produção de feijoeiro de inverno em solo argiloso (Tabela 2). Resultado este visto no tratamento 1, que possivelmente, devido à falta de proteção química das sementes, não aliada a nenhuma das bactérias determinou redução da produção de grãos. Enquanto que no tratamento 14, possivelmente, pela competitividade dos organismos frente a uma situação de intenso uso de químicos levou ao efeito deletério na produção de grãos. Pode-se considerar que no momento da semeadura torna-se mais indicado o uso de tratamento com fungicida e inseticida e apenas uma das opções de bactérias, fazendo-se necessário o estudo de um melhor momento ou forma de aplicação da outra bactéria, neste caso o *Azospirillum brasilense* seria o indicado, pela especificidade do *Rhizobium tropici* para o feijoeiro.

Não foram observadas diferenças no comprimento e no volume das raízes nos diferentes tratamentos. Contudo, os tratamentos 11 e 12 propiciaram maiores valores de matéria fresca e seca de raízes, indicando que houve nestes tratamentos maiores acúmulos de reservas. Desta forma, pode-se admitir que o *Azospirillum brasilense*, sem o *Rhizobium tropici* e com inseticida ou inseticida + fungicida, pode ocasionar maior acúmulo de reservas em raízes de feijoeiro de inverno em solo argiloso.

Estes resultados corroboram com os encontrados por Hungria, Nogueira e Araújo (2014; 2013b), onde foi possível observar o ganho em sistema radicular do feijoeiro devido ao uso do *Azospirillum brasilense*, certamente pela produção de auxinas. Observando-se também a possibilidade de, no caso deste estudo, a elevação da concentração de citocinina devido a inoculação do *Azospirillum brasilense* ter causado desequilíbrio hormonal que favoreceu o ganho em raízes, em detrimento do ganho em parte aérea.

### 3.3.2 Solo Arenoso

Similar aos resultados para os teores de macronutrientes em solo argiloso (Tabela 1), também no solo arenoso (Tabela 4) não houve efeito dos tratamentos de sementes e

inoculações. Segundo Ambrosano et al (1996), todos os teores nutricionais foliares do feijoeiro estão dentro da faixa adequada, exceto o cálcio que ficou pouco abaixo, por efeito recente da correção da acidez do solo (calagem), e ainda sem dissolução total do corretivo de baixa solubilidade no solo. Cabe ressaltar, que todos os tratamentos receberam as mesmas quantidades adequadas de corretivos e fertilizantes e os vasos permaneceram com solo úmido durante toda a condução do experimento, portanto, sem restrição nutricional para o feijoeiro. Destaca-se que em ambiente confinado (vaso), sem competição inter e intraespecífica, o efeito hormonal das bactérias promotoras de crescimento, não fica evidente, mesmo com efeito significativo no volume e massa de raízes (Tabela 6).

Tabela 4. Médias dos teores foliares de macronutrientes do feijoeiro de inverno, em função do tratamento de sementes em solo arenoso. Ilha Solteira, 2019.

| Tratamentos  | Nitrogênio | Fósforo | Potássio | Cálcio | Magnésio | Enxofre |
|--------------|------------|---------|----------|--------|----------|---------|
| g/kg         |            |         |          |        |          |         |
| C (1)        | 39,7       | 3,9     | 25,3     | 5,1    | 3,6      | 5,7     |
| F (2)        | 41,5       | 4,2     | 24,8     | 4,7    | 3,2      | 4,5     |
| I (3)        | 45,0       | 4,4     | 26,1     | 5,9    | 3,1      | 4,8     |
| F+I (4)      | 45,5       | 4,4     | 24,3     | 7,0    | 3,4      | 5,5     |
| R (5)        | 43,5       | 3,8     | 22,3     | 6,5    | 3,4      | 5,7     |
| F+R (6)      | 42,6       | 3,8     | 22,0     | 5,0    | 3,0      | 4,5     |
| I+R (7)      | 45,6       | 4,6     | 25,7     | 7,0    | 3,9      | 4,9     |
| F+I+R (8)    | 45,5       | 4,6     | 27,7     | 5,3    | 3,5      | 5,5     |
| A (9)        | 33,4       | 4,2     | 26,8     | 7,2    | 4,5      | 6,1     |
| F+A (10)     | 45,0       | 3,9     | 25,4     | 7,1    | 3,9      | 4,9     |
| I+A (11)     | 47,2       | 4,3     | 27,8     | 5,6    | 3,6      | 5,9     |
| F+I+A (12)   | 48,9       | 5,0     | 25,2     | 6,6    | 3,6      | 5,7     |
| R+A (13)     | 43,5       | 4,2     | 24,5     | 6,3    | 3,7      | 5,9     |
| F+I+R+A (14) | 41,9       | 4,1     | 24,4     | 5,6    | 3,6      | 6,6     |

Nota: C = Controle; F = Fungicida; I = Inseticida; R = *Rhizobium tropici*; A = *Azospirillum brasilense*. Fonte: Próprio autor.

Os resultados obtidos em solo arenoso (Tabelas 5 e 6) demonstram que neste tipo de solo, os efeitos dos tratamentos de sementes foram mais nítidos em relação aos efeitos observados em solo argiloso.

As plantas apresentaram maior altura nos tratamentos com uso de fungicida em conjunto com alguma das bactérias, inclusive nos casos onde aplicou-se também o inseticida, e quando utilizou-se o fungicida, o inseticida e a coinoculação (Tabela 5). Demonstrando que o fungicida, por gerar um ambiente de menor competitividade na rizosfera, o que favorece o crescimento inicial das plantas em altura ao contribuir no desempenho das bactérias inoculadas.

Tabela 5. Médias da altura de plantas (AP), índice de clorofila foliar (ICF), produção de matéria fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, número de vagens por planta (NVP), de grãos por planta (NGP) e da massa de grãos por planta a 13% de umidade (MG), do feijoeiro em função do tratamento de sementes em solo arenoso. Ilha Solteira, 2019.

| Tratamentos  | AP (cm) | ICF  | MFPA (g) | MSPA (g) | NVP    | NGP    | MG (g) |
|--------------|---------|------|----------|----------|--------|--------|--------|
| C (1)        | 11,0 a  | 52,5 | 36,7 c   | 21,2 a   | 11,1 d | 27,1 b | 6,6 c  |
| F (2)        | 9,8 b   | 50,6 | 45,3 b   | 25,4 a   | 14,5 b | 34,6 a | 9,3 b  |
| I (3)        | 9,5 b   | 53,9 | 39,4 c   | 23,5 a   | 10,9 d | 35,0 a | 12,2 a |
| F+I (4)      | 10,1 b  | 54,8 | 37,3 c   | 23,2 a   | 13,0 c | 35,8 a | 10,7 b |
| R (5)        | 9,7 b   | 49,8 | 38,0 c   | 23,0 a   | 12,5 c | 38,9 a | 12,5 a |
| F+R (6)      | 11,3 a  | 52,1 | 49,4 a   | 22,9 a   | 14,3 b | 37,8 a | 10,7 b |
| I+R (7)      | 9,2 b   | 54,8 | 43,8 b   | 22,2 a   | 17,9 a | 36,1 a | 12,9 a |
| F+I+R (8)    | 10,7 a  | 51,2 | 36,0 c   | 20,0 a   | 12,4 c | 29,6 b | 7,7 c  |
| A (9)        | 10,0 b  | 52,6 | 43,8 b   | 24,1 a   | 13,0 c | 38,3 a | 11,0 b |
| F+A (10)     | 10,5 a  | 54,0 | 44,0 b   | 18,1 b   | 14,8 b | 34,8 a | 9,9 b  |
| I+A (11)     | 8,4 b   | 53,6 | 37,7 c   | 16,5 b   | 13,6 b | 30,0 b | 4,5 d  |
| F+I+A (12)   | 10,6 a  | 49,7 | 38,2 c   | 15,6 b   | 10,6 d | 28,8 b | 6,7 c  |
| R+A (13)     | 10,1 b  | 52,3 | 34,2 c   | 16,1 b   | 12,6 c | 29,8 b | 7,7 c  |
| F+I+R+A (14) | 12,2 a  | 51,7 | 28,6 d   | 15,9 b   | 9,9 d  | 18,9 c | 4,5 d  |
| CV%          | 10,44   | 4,59 | 6,17     | 10,20    | 12,18  | 17,46  | 12,99  |

Nota: C = Controle; F = Fungicida; I = Inseticida; R = *Rhizobium tropici*; A = *Azospirillum brasilense*. Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ ). Fonte: Próprio autor.

Não foram registradas diferenças no índice de clorofila foliar (Tabela 5), demonstrando uniformidade fisiológica em pleno desenvolvimento das plantas quanto ao uso do N na formação do pigmento fotossintético.

Entretanto, grandes diferenças podem ser verificadas para o número de vagens por planta entre os tratamentos (Tabela 5), e constata-se o efeito de compensação, onde pelo menor número de vagens houve maior produção número de grãos, ocasionando menor amplitude na diferença de número de grãos por planta entre os tratamentos. Mesmo com este balanço, observa-se superioridade de número de vagens e grãos no tratamento com inseticida + *Rhizobium tropici*. Além do inferior rendimento no tratamento com uso de fungicida + inseticida + coinoculação (tratamento 14).

Tabela 6. Médias do comprimento da raiz principal (CRP), volume radicular por planta (VRP), produção de matéria fresca (MFR) e seca (MSR) de raízes do feijoeiro, em função do tratamento de sementes em solo arenoso. Ilha Solteira, 2019.

| Tratamentos  | CRP (cm) | VRP (cm <sup>3</sup> ) | MFR (g) | MSR (g) |
|--------------|----------|------------------------|---------|---------|
| C (1)        | 40,8     | 24,3 b                 | 11,5 a  | 10,9 b  |
| F (2)        | 45,5     | 31,3 a                 | 14,2 a  | 13,7 a  |
| I (3)        | 39,4     | 24,5 b                 | 14,6 a  | 14,0 a  |
| F+I (4)      | 39,5     | 19,9 b                 | 7,9 b   | 7,3 b   |
| R (5)        | 43,3     | 35,0 a                 | 14,4 a  | 13,6 a  |
| F+R (6)      | 52,5     | 26,3 a                 | 12,7 a  | 11,6 a  |
| I+R (7)      | 47,0     | 26,8 a                 | 12,5 a  | 11,9 a  |
| F+I+R (8)    | 41,8     | 18,8 b                 | 11,7 a  | 10,1 b  |
| A (9)        | 47,5     | 21,3 b                 | 8,2 b   | 7,8 b   |
| F+A (10)     | 58,8     | 31,0 a                 | 12,7 a  | 12,3 a  |
| I+A (11)     | 44,5     | 27,5 a                 | 14,0 a  | 13,2 a  |
| F+I+A (12)   | 41,5     | 29,0 a                 | 9,5 b   | 8,9 b   |
| R+A (13)     | 48,3     | 30,0 a                 | 10,5 b  | 9,9 b   |
| F+I+R+A (14) | 45,3     | 23,8 b                 | 9,9 b   | 9,3 b   |
| CV%          | 18,85    | 13,60                  | 16,80   | 18,24   |

Nota: C = Controle; F = Fungicida; I = Inseticida; R = *Rhizobium tropici*; A = *Azospirillum brasilense*. Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ ). Fonte: Próprio autor.

Com base na produção de matéria fresca da parte aérea pode-se inferir que as plantas do tratamento 6, com o uso de fungicida em conjunto com *Rhizobium tropici*, as plantas se mostraram mais vigorosas. Novamente, pode ser constatado que o uso do *Azospirillum brasilense* (Tabela 5) não se destacou para produção de matéria fresca da parte aérea das

plantas. Houve também significativa inferioridade na produção de matéria fresca do tratamento 14. Provavelmente, devido ao encurtamento do ciclo da planta, com o adiantamento da fase de senescência foliar, a perda de água resultou em menores valores de massa fresca nesse tratamento.

O uso do *Azospirillum brasilense* em conjunto com fungicida, inseticida ou *Rhizobium tropici* propiciou resultados inferiores de produção de matéria seca da parte aérea (tratamentos 10, 11, 12, 13 e 14), mas quando utilizado exclusivamente (sem tratamento de sementes ou coinoculação – Tratamento 9) propiciou resultado superior aos demais tratamentos (Tabela 5).

A produção de grãos (13% umidade), mostrou-se superior em três dos tratamentos, onde foi utilizado somente inseticida (3), onde foi utilizado somente *Rhizobium tropici* (5) e no tratamento onde foram utilizados juntos o inseticida e o *Rhizobium tropici* (7). Nos demais, os valores apresentaram-se inferiores, especialmente no tratamento 14, onde foi realizado o tratamento completo com fungicida, inseticida e coinoculação de bactérias, e no tratamento 11, onde foi utilizado inseticida combinado com *Azospirillum brasilense* (Tabela 5). Assim, como observado em solo argiloso, menores alturas de plantas em fase inicial (V3) não acarretam menores produções, visto que, os tratamentos 3, 5 e 7 não se destacaram em altura (Tabela 5).

Não foram observadas diferenças significativas quanto ao comprimento das raízes, entretanto, para o volume radicular houve maior desenvolvimento em plantas de sementes tratadas com *Azospirillum brasilense*, demonstrando seu efeito hormonal, exceto quando utilizado exclusivamente (tratamento 9), onde proporcionou maior produção de matéria seca da parte aérea (Tabela 5) ou em conjunto com fungicida + inseticida + *Rhizobium tropici* (tratamento 14), onde foi deletério para a produção de matéria seca e grãos do feijoeiro de inverno em solo arenoso. Situação semelhante foi obtida com o uso de *Rhizobium tropici* e no uso dele em conjunto com fungicida ou com inseticida, que apresentaram altos valores (Tabela 6).

A produção de matéria fresca e seca de raízes mostraram-se inferiores nos tratamentos 4, 9, 12, 13 e 14 (Tabela 6), onde foram utilizados, respectivamente, fungicida + inseticida, apenas *Azospirillum brasilense*, ou *A. brasilense* combinado com fungicida + inseticida, *A. brasilense* combinado com *Rhizobium tropici*, e no tratamento completo com uso de fungicida + inseticida e coinoculado. Assim fica evidenciado, que com o uso de *Azospirillum brasilense*, maiores acúmulos de matéria fresca e seca só foram possíveis quando a bactéria foi combinada com apenas fungicida ou apenas inseticida em seu tratamento de sementes. Exceto nestes tratamentos com o uso de *Azospirillum brasilense* associado a *Rhizobium*

*tropici*, os demais tratamentos com *Rhizobium tropici* foram superiores quanto ao acúmulo de matéria fresca e seca de raízes do feijoeiro de inverno em solo arenoso.

A coinoculação e a inoculação somente com bactérias promotoras de crescimento de plantas em feijão, tem tido baixa adesão por parte dos agricultores e necessitam de uma maior base de dados para o entendimento das situações onde essas aplicações serão mais efetivas. Entre os fatores que ainda têm causado variação de resultados estão, possivelmente, a não adoção de boas práticas de inoculação (NOGUEIRA et al., 2018), a alta população de rizóbios nativos presentes em alguns solos (CARVALHO et al., 2018) e os possíveis efeitos nocivos dos princípios ativos de produtos fungicidas usados no tratamento de sementes, em contato direto com o inoculante (OLIVEIRA et al., 1999), ou ainda a competição das bactérias na rizosfera quando aplicadas conjuntamente, semelhante ao que foi verificado na presente pesquisa para produção de grãos em solo argiloso e arenoso, há uma provável competição das duas bactérias na rizosfera, e portanto, sem efeito sinérgico, mas sim deletério onde foram usados os químicos no tratamento de sementes (Tabelas 2 e 5).

### 3.4 CONCLUSÃO

Não utilizar o tratamento de sementes e inoculação com bactérias diazotróficas, ou então, fazer o uso conjunto de tratamento de sementes com fungicida, inseticida e coinoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*, reduz a produção do feijoeiro de inverno em solo argiloso.

O uso conjunto de fungicida + inseticida, fungicida + *R. tropici*, e fungicida + inseticida + *R. tropici*, favoreceu o desenvolvimento da parte aérea das plantas, enquanto o *A. brasilense*, sem o *R. tropici* e com inseticida ou inseticida + fungicida, proporcionou maior massa de raízes de feijoeiro de inverno em solo argiloso.

Em solo arenoso, a produção de grãos do feijoeiro de inverno foi superior com o tratamento de sementes somente com inseticida, somente com *R. tropici* e também com os dois em conjunto. Essa produção mostrou-se inferior, novamente, no tratamento conjunto entre fungicida, inseticida e coinoculação de bactérias, e também aonde fora utilizado inseticida combinado com *A. brasilense*.

## REFERÊNCIAS

- AMBROSANO E. J. et al. Feijão. In: 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: IAC, 1996. p. 194-195. (Boletim Técnico, 100).
- ANDREOTTI, M. et al. Produção de matéria seca e absorção de nutrientes pelo milho em razão da saturação por bases e da adubação potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 12, p. 2437-2446, 2000.
- BÁRBARO, I. M. et al. Técnica alternativa: co-inoculação de soja com *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* visando incremento de produtividade. **Infobibos**, [s. l.], v. 4, 2008. Disponível em: [http://www.infobibos.com/Artigos/2008\\_4/coinoculacao/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2008_4/coinoculacao/index.htm).
- CARVALHO, R. H. et al. Crescimento e produção do feijoeiro comum sob coinoculação com *Rhizobium*, *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* em condições de campo. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE AGROECOLOGIA, 6., 2018, Brasília. **Anais [...]** CLAA, 6.; CBA, 10.; SEMDF. 5.. Cadernos de Agroecologia, Brasília: 2018. v. 13, n. 1.
- 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.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Fixação biológica de nitrogênio (FBN)**. Brasília, DF, 8 p. 2016.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, p. 1039-1042, 2011.
- HENNING, A. A. **Guia prático para identificação de fungos mais frequentes em sementes de soja**. Brasília, DF: Embrapa. 33 p. 2015.
- 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. (Embrapa soja documentos, 283).
- HUNGRIA, M.; MENDES, I. C.; MERCANTE, F. M. **A fixação biológica do nitrogênio como tecnologia de baixa emissão de carbono para as culturas do feijoeiro e da soja**. Embrapa Soja-Documentos, 2013a. (INFOTECA-E)
- HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Co-inoculation of soybeans and common beans with rhizobia and *Azospirilla*: strategies to improve sustainability. **Biology and Fertility of Soils**, Curitiba, v. 49, n. 7, p. 791-801, 2013b.
- HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Testes de eficiência agrônômica de tecnologia de co-inoculação de rizóbios e *Azospirillum* em soja e feijoeiro. In: Embrapa Soja- Artigo em anais de congresso (ALICE). In: REUNIÃO DA REDE DE LABORATÓRIOS PARA RECOMENDAÇÃO, PADRONIZAÇÃO E DIFUSÃO DE TECNOLOGIA DE

INOCULANTES MICROBIANOS DE INTERESSE AGRÍCOLA, 16., 2012, Londrina.  
**Anais [...]** Londrina: Embrapa Soja, 2014.

ITO, M. F. et al. Importância do uso de sementes sadias de feijão e tratamento químico. **O Agrônomo**, Campinas, v. 55, n. 1, p. 14-16, 2003.

MERCANTE, F. M. et al. **Strategies to improve the efficiency of microbial inoculants with the soybean crop**. EMBRAPA Agropecuária Oeste, Dourados, 2011.

MORETTI, L. G. et al. Can additional inoculations increase soybean nodulation and grain yield? **Agronomy Journal**, Madison, v. 110, n. 2, p. 715-721, 2018.

NOGUEIRA, M. A. et al. **Ações de transferência de tecnologia em inoculação/coinoculação com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na cultura da soja na safra 2017/18 no estado do Paraná**. CIRCULAR TÉCNICA 143. ISSN 2176 -2864. Londrina, 2018.

OLIVEIRA, P. P. A. et al. Interação entre cultivares, estirpes comerciais de *Rhizobium meliloti* e fungicidas no incremento da produção de alfafa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 3, p. 425-431, 1999.

PERES, A. R. et al. Efeito do cultivo de feijão com co-inoculação (*Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*) e lâminas de irrigação sobre a qualidade fisiológica das sementes produzidas. **Investigación Agraria**, Santiago, v. 20, n. 1, p. 11-21, 2018.

RAIJ, B. V. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. [S. l.: s. n.], 2001. p. 189-199.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 353 p., 2018.

SARTORATO, A.; RAVA, C. A. **Principais doenças do feijoeiro comum e seu controle**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 300p.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Chichester, p. 507-512, 1974.

SOUZA, D. I. D. et al. Coinoculação de *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici* em feijoeiro sob sistema agroecológico. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE AGROECOLOGIA, 6., 2018, Brasília. **Anais [...]** VI CLAA, X CBA e V SEMDF. Cadernos de Agroecologia, Brasília: 2018. v. 13, n. 1.

SOUZA, G. C. et al. Respostas fisiológicas e produtividade de feijoeiro cultivado em sistema silviagrícola com diferentes manejos de adubação. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 50-67, 2019.

STRALIOTTO R.; TEIXEIRA M. G.; MERCANTE F. M. **Cultivo do Feijoeiro Comum: Fixação Biológica de Nitrogênio**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa arroz e feijão, 2003.



VAZQUEZ, G. H.; SÁ, M. E. Tecnologia e produção de sementes. *In*: ARF, O. et al. (ed.). **Aspectos gerais da cultura do feijão *Phaseolus vulgaris* L.** Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 2015, p. 315-336.

#### 4 ARTIGO 2 – TRATAMENTO QUÍMICO DE SEMENTES, INOCULAÇÃO E COINOCULAÇÃO DO FEIJÃO DE INVERNO E DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA

##### RESUMO

Na cultura do feijão, são muito contrastantes os benefícios da inoculação ou coinoculação de bactérias diazotróficas associadas à adubação nitrogenada de cobertura. Assim, em condições de casa de vegetação localizada na Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Campus II, realizou-se experimento com objetivo de avaliar o desempenho do feijoeiro e o possível incremento ao crescimento vegetal (parte aérea e radicular), bem como na produção de grãos em tratamentos inoculados ou coinoculados via sementes com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*, com ou sem o tratamento de sementes com fungicida e/ou inseticida, e 4 doses de nitrogênio em cobertura (0, 30, 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) em solo arenoso. Foram utilizados 112 vasos e aplicados 7 tratamentos, em delineamento experimental inteiramente casualizado, com 4 repetições. Para a análise dos resultados foi utilizado o teste de Scott Knott para os tratamentos de sementes e regressão para as doses de nitrogênio, os quais demonstraram que a mistura de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* para inoculação via sementes de feijoeiro em cultivo de inverno, não altera o crescimento vegetativo, componentes da produção e produção de grãos, entretanto, sem o tratamento de sementes com fungicida e inseticida, a coinoculação aumentou o volume radicular das plantas. A produção de matéria seca de raízes do feijoeiro é maior quando do uso isolado de *Azospirillum brasilense*, ou quando do tratamento de sementes com fungicida e inseticida, combinado à inoculação com *Rhizobium tropici* nas sementes. A combinação de fungicida e inseticida, com a inoculação das sementes de feijão com *Azospirillum brasilense* incrementa a produção de matéria seca da parte aérea e de grãos por planta. Mesmo com o tratamento de sementes com fungicida + inseticida, associado às bactérias diazotróficas em inoculação ou coinoculação, o feijão de inverno respondeu linearmente no crescimento vegetativo, de raízes, e produção de vagens e grãos por vagem, até a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura.

**Palavras-chave:** *Azospirillum brasilense*; *Rhizobium tropici*; fungicida; inseticida.

## CHEMICAL SEED TREATMENT, INOCULATION AND COINOCULATION OF WINTER BEAN AND COVERED NITROGEN DOSES

### ABSTRACT

Under greenhouse conditions located at the Faculty of Engineering of Ilha Solteira, State of São Paulo, Brazil, an experiment was carried out with the objective of evaluating the performance of the common bean plant (*Phaseolus vulgaris* L.) and the possible increase in plant growth (shoot and root), as well as in grain production in treatments inoculated and/or coinoculated via seeds with *Rhizobium tropici* and *Azospirillum brasilense*, with fungicide and/or insecticide, and 4 doses of nitrogen topdressing in sandy soil. 112 pots were used and 7 treatments were applied, in a completely randomized experimental design, with 4 replications. For the analysis of the results, the Scott Knott test (1974) was used for the treatments and regression for the nitrogen doses (0, 30, 60 and 120 kg ha<sup>-1</sup>). In 2020, the results showed that the mixture of *R. tropici* and *A. brasilense* for inoculation in common bean seeds in winter cultivation does not alter vegetative growth, components of grain production and yield, however, without seed treatment with fungicide and insecticide, the coinoculation increased the root volume of the plants. The dry matter production of common bean roots is higher when using *A. brasilense* alone, or when treating seeds with fungicide and insecticide, combined with inoculation with *R. tropici* in the seeds. The combination of fungicide and insecticide, with the inoculation of common bean seeds with *A. brasilense* increases the production of shoot dry matter and grain per plant. Even with seed treatment with fungicide + insecticide, associated with diazotrophic bacteria in inoculation or coinoculation, winter common bean responded linearly in vegetative growth, roots, and production of pods and grains per pod, up to a dose of 120 kg ha<sup>-1</sup> of N in coverage,

**Keywords:** *Azospirillum brasilense*; *Rhizobium tropici*; fungicide; insecticide.

#### 4.1 INTRODUÇÃO

A fixação biológica de nitrogênio por meio da inoculação com *Rhizobium tropici* pode ser uma alternativa para reduzir, ou mesmo substituir, a adubação nitrogenada do feijoeiro (MERCANTE; OTSUBO; LAMAS, 2006). Também a utilização de coinoculação de bactérias do gênero *Azospirillum brasilense*, consideradas promotoras do crescimento de plantas, pode influenciar no aumento do sistema radicular e volume de solo explorado, com incremento na nodulação, na eficiência de absorção de água e nutrientes e na produtividade de grãos do feijoeiro (RIGGS et al., 2001; HUNGRIA; NOGUEIRA; ARAUJO, 2013).

Contudo, existe ainda hoje certo descrédito quanto aos benefícios da inoculação e coinoculação na cultura, muito provavelmente devido a variabilidade dos resultados de produtividade que, hora mostram ganhos (CAPRISTO et al., 2020; TOCHETO; BOIAGO, 2020), hora não mostram (GITTI et al., 2012; MELLINI et al., 2020).

Dentre as diversas bactérias capazes de estabelecer simbiose com o feijão comum, o *R. tropici* é a espécie mais adaptada e recomendada para solos ácidos tropicais, sendo capaz de nodular com uma variedade de leguminosas (HUNGRIA et al., 2000). Em condições de estresse por acidez ou salinidade, pelo menos cinco genes *nodD* geram respostas com mecanismos de nodulação e de síntese de Fatores Nod totalmente regulados por ativadores transcricionais *NodD1* e *NodD2* (CERRO et al., 2015; CERRO et al., 2017).

Para os inoculantes comerciais contendo *A. brasilense*, as estirpes selecionadas e aprovadas no Brasil pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) são a AbV5 e AbV6, e quanto as garantias, a exigência legal neste caso é dez vezes menor do que para aqueles à base de rizóbio, portanto,  $1 \times 10^8$  Ufc g<sup>-1</sup> ou mL<sup>-1</sup> do produto comercial.

Na complexa dinâmica da utilização do nitrogênio pelas plantas, estão envolvidos aspectos de natureza física, química e biológica, desta forma, a variabilidade de respostas pode estar relacionada a diversos fatores como competição entre as bactérias, incompatibilidade com inseticidas e/ou fungicidas, formas de aplicação que dificultam altos índices de sobrevivência, além do uso recente de estirpes mais especializadas, entre outros (SILVA et al., 2020; BRACCINI et al., 2016; TOCHETO; BOIAGO, 2020).

Portanto, este experimento teve como objetivo caracterizar alguns destes aspectos por meio da avaliação do desempenho do feijoeiro de inverno e o possível incremento ao crescimento vegetal (parte aérea e radicular) e na produção de grãos em tratamentos inoculados e/ou coinoculados via sementes com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*,

tratados com fungicida e/ou inseticida, e com quatro doses de nitrogênio em cobertura, em solo arenoso.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no inverno de 2020, em vasos, em condições de casa de vegetação na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP), em Ilha Solteira – São Paulo – Brasil.

Para o preenchimento dos vasos coletou-se solo da camada superficial de 0 a 0,20 metros de profundidade, em área da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP). O solo arenoso foi coletado no Setor de Produção Animal – Fazenda Bovino – localizada no município de Selvíria – MS (20°22’29”S e 51°24’50”W, altitude de 339 metros) – classificado como LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2018) e anteriormente a coleta era cultivado com pastagem.

Realizou-se amostragem de solo e posteriormente a amostra composta foi seca ao ar, destorroada e passada em peneira com malha de 2 mm, constituindo-se Terra Fina Seca ao Ar (TFSA) da qual foram realizadas análises granulométricas (TEIXEIRA et al., 2017) e químicas (RAIJ et al., 2001) no Laboratório de Física e Fertilidade do Solo, respectivamente, da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira.

Quanto a análise granulométrica, o solo continha 126 g/kg de argila, 3 g/kg de silte e 871 g/kg de areia total. Os atributos químicos do solo arenoso na camada de 0 a 0,20 m de profundidade foram: Fósforo (P resina) 1 mg/dm<sup>3</sup>, matéria orgânica 15 g/dm<sup>3</sup>, pH (CaCl<sub>2</sub>) 4,5; potássio (K) 0,4; cálcio (Ca) 8; magnésio (Mg) 6; acidez potencial (H+Al) 13; alumínio (Al) 2; soma de bases (SB) 14,4 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, enxofre (S-SO<sub>4</sub>) 3 mg/dm<sup>3</sup>, capacidade de troca catiônica (CTC) 27,4 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, saturação por bases (V) de 53 %, saturação por alumínio (m) de 12 %, boro (B) 0,06; cobre (Cu) 0,2; ferro (Fe) 18; manganês (Mn) 3,4 e zinco (Zn) 0,2 mg/dm<sup>3</sup>.

Em cada vaso, contendo em sua base duas perfurações para drenagem, foram colocados 7 quilogramas de solo peneirado em malha de 40 mm e com base nos resultados da análise de solo, realizou-se o cálculo da necessidade de calcário pela fórmula:

$$NC = CTC \frac{(V_2 - V_1)}{10 \times PRNT} \quad (1)$$

Sendo, NC = necessidade de calcário em t/ha, CTC = capacidade de troca catiônica em mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, V2 = saturação por bases desejada para a cultura, V1 = saturação por bases encontrada na análise do solo e PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário.

Desta forma, para a correção da acidez do solo, aplicou-se 2 g de calcário dolomítico de PRNT 86 por vaso, equivalentes a 0,54 t/ha, e realizou-se a incorporação deste ao solo. Utilizou-se o período de incubação de 30 dias, sendo os solos dos vasos constantemente umedecidos, de modo a favorecer a reação do calcário no solo.

Após este período, realizou-se a adubação anteriormente a semeadura e como fontes de nutrientes foram utilizados, em cada vaso, 2,1 g da formulação 05-25-25 + boro (0,5%), e 0,16 g de sulfato de zinco. Uma adubação de cobertura foi realizada aos 36 dias após a semeadura, com 0,0; 0,23; 0,46 ou 0,92 g de Excellen (N) por vaso, correspondentes a 0; 30; 60 e 120 kg de nitrogênio por hectare, de acordo com a dose indicada de cada tratamento, além da adição de 0,44 g de cloreto de potássio em todos os vasos.

No dia 12/06/2020 foram colocadas seis sementes de feijão cultivar BRS Estilo em cada um dos vasos. O tratamento de sementes foi realizado pouco antes da semeadura com fungicida (F); inseticida (I); *Rhizobium tropici* (R); e *Azospirillum brasilense* (A), dependendo do tratamento. Os sete tratamentos constaram de: 1. Controle; 2. R; 3. F + I + R; 4. A; 5. F + I + A; 6. R + A; 7. F + I + R + A. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com sete tratamentos, quatro doses de nitrogênio em cobertura e quatro repetições, totalizando cento e doze parcelas.

Os tratamentos foram preparados em 7 copos plásticos, contendo 50,35 g de sementes cada copo, numa média de 200 sementes por copo, onde foram adicionados na sequência, inicialmente o fungicida, seguido do inseticida e finalizando com o *R. tropici* e o *A. brasilense*, respectivamente, quando presentes, e com intervalo de tempo entre a adição de um produto comercial e outro, de modo a permitir que só se aplicasse o próximo produto após a secagem do anterior.

Nos tratamentos com fungicida foram utilizados 0,15 mL (300 mL/100 kg de sementes) do fungicida Carbendazim + Tiram, de atuação sistêmica e de contato, dos grupos químicos Benzimidazol e Dimetilditiocarbamato, em formulação do tipo suspensão concentrada (FS). Classificado como categoria 5 na classificação toxicológica (improvável de causar dano agudo) e classe II na classificação do potencial de periculosidade ambiental (produto muito perigoso ao meio ambiente), indicado para a cultura do feijoeiro exclusivamente na forma de tratamento de sementes contra antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e podridão-radicular (*Rhizoctonia solani*).

Utilizou-se nos tratamentos com inseticida 0,50 mL (1 L/100 kg de sementes) do inseticida Imidacloprido 150 g/L + Tiodicarbe 450 g/L, de atuação sistêmica do grupo químico dos neonicotinoides (Imidacloprido) e de contato e ingestão do grupo químico metilcarbamato de oxima (Tiodicarbe), em formulação do tipo suspensão concentrada (FS) específica para tratamento de sementes. Classificado como categoria 3 na classificação toxicológica (produto moderadamente tóxico) e classe II na classificação do potencial de periculosidade ambiental (produto muito perigoso ao meio ambiente), indicado para o controle de pragas como mosca-branca (*Bemisia tabaci*), vaquinha-verde-amarela (*Diabrotica speciosa*) e cigarrinha-verde (*Empoasca kraemeri*) na cultura do feijoeiro.

Para a inoculação com *Rhizobium tropici* aplicou-se inoculante turfoso com a estirpe SEMIA 4080 contendo  $2 \times 10^8$  unidades formadoras de colônias (UFC) g<sup>-1</sup>, na dose de 200 g do inoculante para cada 50 kg de sementes, considerando-se 50000 g de sementes por hectare. Para o *Azospirillum brasilense* foram aplicadas as estirpes AbV5 e AbV6, com garantia de  $2 \times 10^8$  UFC mL<sup>-1</sup> ou g<sup>-1</sup>, utilizando-se 0,20 mL em cada copo, referentes a dose de 200 mL ha<sup>-1</sup> do inoculante líquido. Ambos produtos comerciais estão registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

No estágio V<sub>1</sub> (fase de emergência de plântulas) do feijoeiro foi realizado o desbaste, mantendo-se apenas duas plantas por vaso. Enquanto que em R<sub>5</sub> (Florescimento), onde mais de 50% das plantas apresentavam flor, foi medido com auxílio de clorofilômetro digital (Falker), o índice de clorofila no terceiro trifólio de cada planta, também sendo realizada nesta ocasião a medição da altura das plantas.

A irrigação durante todo o período do experimento foi realizada com base em leituras de equipamento medidor de umidade do solo – PCR, aplicando-se manualmente quantidades de água de modo a manter o solo em 70% da capacidade de campo.

Na colheita foram realizadas avaliações de número de vagens por planta, número de grãos por vagem e produção de grãos por planta. Após o arranquio, as plantas foram separadas em parte aérea e raízes, para determinação do comprimento de raízes, volume radicular (método do deslocamento de água em proveta), massa fresca e seca de parte aérea e raízes.

Os resultados foram inseridos no programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011) e submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade, as médias foram comparadas pelo método de Scott Knott (1974) e as doses de N em cobertura avaliadas por regressão polinomial, adotando os modelos significativos de maior R<sup>2</sup>.

### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de macronutrientes foliares no feijoeiro de inverno em função das doses de nitrogênio (0, 30, 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N) em cobertura, em combinação com os tratamentos de sementes constam na Tabela 1.

Tabela 1. Médias dos teores foliares de macronutrientes do feijoeiro de inverno, em função do tratamento de sementes e doses de N em cobertura, em solo arenoso. Ilha Solteira, 2020.

| Tratamento  | Dose<br>N | Nitrogênio | Fósforo | Potássio | Cálcio | Magnésio | Enxofre |
|-------------|-----------|------------|---------|----------|--------|----------|---------|
| g/kg        |           |            |         |          |        |          |         |
| C (1)       | 0         | 28,9       | 2,3     | 22,5     | 10,0   | 5,7      | 1,1     |
| R (2)       | 0         | 37,5       | 2,4     | 17,7     | 6,9    | 3,5      | 0,9     |
| F+I+R (3)   | 0         | 36,1       | 2,3     | 16,9     | 6,3    | 3,8      | 0,9     |
| A (4)       | 0         | 38,6       | 2,4     | 17,7     | 6,1    | 3,1      | 1,1     |
| F+I+A (5)   | 0         | 39,6       | 2,4     | 22,6     | 7,1    | 3,5      | 1,1     |
| R+A (6)     | 0         | 37,2       | 2,5     | 16,0     | 7,5    | 3,7      | 1,1     |
| F+I+R+A (7) | 0         | 32,6       | 2,2     | 20,7     | 8,4    | 4,5      | 1,0     |
| C (1)       | 30        | 37,4       | 2,5     | 19,6     | 6,5    | 3,5      | 0,9     |
| R (2)       | 30        | 37,1       | 2,4     | 21,4     | 14,8   | 3,6      | 0,9     |
| F+I+R (3)   | 30        | 30,9       | 2,3     | 20,9     | 7,1    | 3,9      | 1,0     |
| A (4)       | 30        | 32,5       | 2,4     | 18,6     | 7,5    | 4,1      | 0,9     |
| F+I+A (5)   | 30        | 33,9       | 2,3     | 22,1     | 7,2    | 3,5      | 0,9     |
| R+A (6)     | 30        | 36,6       | 2,5     | 18,9     | 6,3    | 3,8      | 1,0     |
| F+I+R+A (7) | 30        | 34,3       | 2,6     | 20,3     | 6,7    | 3,9      | 1,0     |
| C (1)       | 60        | 32,2       | 3,4     | 21,6     | 6,7    | 3,7      | 0,9     |
| R (2)       | 60        | 32,3       | 3,4     | 15,8     | 5,3    | 3,5      | 0,9     |
| F+I+R (3)   | 60        | 34,2       | 3,2     | 17,6     | 7,2    | 3,3      | 0,9     |
| A (4)       | 60        | 34,9       | 3,1     | 21,9     | 6,9    | 3,6      | 1,2     |
| F+I+A (5)   | 60        | 36,9       | 3,1     | 22,2     | 7,1    | 3,5      | 1,0     |
| R+A (6)     | 60        | 34,4       | 3,2     | 15,6     | 5,6    | 2,9      | 0,8     |
| F+I+R+A (7) | 60        | 33,5       | 3,4     | 14,5     | 4,8    | 2,9      | 1,0     |
| C (1)       | 120       | 36,0       | 3,5     | 17,4     | 4,9    | 3,0      | 1,0     |
| R (2)       | 120       | 36,3       | 3,4     | 17,4     | 5,4    | 2,9      | 1,1     |



|             |     |      |     |      |     |     |     |
|-------------|-----|------|-----|------|-----|-----|-----|
| F+I+R (3)   | 120 | 33,3 | 3,0 | 17,4 | 5,4 | 3,0 | 1,8 |
| A (4)       | 120 | 36,5 | 3,1 | 16,6 | 6,3 | 3,6 | 1,0 |
| F+I+A (5)   | 120 | 34,6 | 3,0 | 20,8 | 6,2 | 3,4 | 1,2 |
| R+A (6)     | 120 | 35,4 | 3,1 | 17,7 | 6,0 | 3,6 | 1,2 |
| F+I+R+A (7) | 120 | 33,6 | 2,9 | 16,1 | 5,4 | 2,9 | 1,1 |

C = Controle; F = Fungicida; I = Inseticida; R = *Rhizobium tropici*; A = *Azospirillum brasilense*. Fonte: Próprio autor.

Segundo Ambrosano et al (1996), os teores foliares de nitrogênio do feijoeiro estão dentro da faixa adequada, exceto no tratamento controle sem adubação em cobertura. Os teores de fósforo ficaram um pouco abaixo da faixa ideal nos tratamentos sem nitrogênio e de cobertura e com a dose de 30 kg ha<sup>-1</sup> N, entretanto, dentro da faixa adequada nos tratamentos com as duas maiores doses de N. Para o potássio, considerada a adição de cloreto de potássio em todos os vasos na adubação de cobertura, observou-se variação nas faixas de teores foliares, demonstrando efeito de diluição do elemento nas plantas devido aos seus diferentes portes, em função dos tratamentos de sementes e/ou doses de N em cobertura.

De maneira geral, os teores foliares de cálcio ficaram abaixo da faixa recomendada, provavelmente por efeito da correção da acidez do solo (calagem) recente, ainda sem a dissolução total do corretivo de baixa solubilidade no solo. Cabe ressaltar, que todos os tratamentos receberam as mesmas quantidades adequadas de corretivos e de fertilizantes de semeadura e os vasos permaneceram com solo úmido durante toda a condução do experimento. Os teores de magnésio atingiram a faixa adequada em todos os tratamentos (Tabela 1). Com relação aos teores foliares de enxofre, observou-se que ficaram todos a baixo do ideal, indicando relação com os baixos teores de matéria orgânica (15 g/dm<sup>3</sup>) do solo arenoso e com a ausência do elemento nas fontes da adubação de semeadura.

Não houve efeito da interação tratamento de sementes e doses de nitrogênio em cobertura no crescimento vegetativo, radicular, produção de matéria seca e grãos do feijoeiro de inverno (Tabelas 2 e 3).

As plantas apresentaram alturas semelhantes nos diferentes tratamentos de sementes, por ocasião da avaliação no florescimento do feijoeiro (Tabela 2). Contudo, houve efeito linear crescente das doses de nitrogênio em cobertura (Figura 1A), demonstrando o papel do nitrogênio no crescimento vegetativo das plantas, mesmo que inoculadas com bactérias diazotróficas. Um melhor desempenho agrônômico da cultura também foi visto por Rosa et al. (2020) com doses de 120 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de N, em comparação com 0; 30 e 60 kg ha<sup>-1</sup>.

Tabela 2. Médias da altura de plantas (AP), índice de clorofila foliar (ICF), produção de matéria fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, volume radicular por planta (VRP), produção de matéria fresca (MFR) e seca (MSR) de raízes do feijoeiro de inverno com diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em solo arenoso. Ilha Solteira, 2020.

|             | AP      | ICF     | MFPA    | MSPA    | VRP     | MFR     | MSR     |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Tratamento  | 0,14 ns | 0,0001* | 0,0001* | 0,0001* | 0,05*   | 0,0001* | 0,0001* |
| Dose        | 0,0001* | 0,0001* | 0,0001* | 0,14 ns | 0,0001* | 0,0001* | 0,0001* |
| Trat*Dose   | 0,39 ns | 0,18 ns | 0,30 ns | 0,34 ns | 0,21 ns | 0,09 ns | 0,12 ns |
| C (1)       | 92,09   | 40,83 c | 19,97 c | 9,55 c  | 26,30 b | 19,08 b | 14,44 b |
| R (2)       | 96,84   | 45,76 a | 21,01 c | 9,58 c  | 25,00 b | 19,82 b | 14,87 b |
| F+I+R (3)   | 96,13   | 45,17 a | 24,16 a | 10,43 b | 25,38 b | 23,45 a | 17,41 a |
| A (4)       | 96,88   | 44,41 b | 20,84 c | 9,52 c  | 28,06 b | 24,26 a | 17,85 a |
| F+I+A (5)   | 105,25  | 46,67 a | 25,70 a | 11,64 a | 27,59 b | 18,94 b | 13,91 b |
| R+A (6)     | 92,63   | 44,09 b | 22,52 b | 10,36 b | 31,52 a | 21,34 b | 15,54 b |
| F+I+R+A (7) | 99,81   | 43,73 b | 22,70 b | 10,58 b | 27,55 b | 20,44 b | 15,57 b |
| Média       | 97,09   | 44,38   | 22,41   | 10,24   | 27,34   | 21,05   | 15,66   |
| CV (%)      | 14,29   | 5,25    | 13,54   | 15,72   | 21,37   | 13,90   | 15,05   |
| 0           | 88,75   | 41,97   | 19,88   | 9,64    | 23,70   | 15,58   | 12,66   |
| 30          | 97,73   | 43,48   | 22,15   | 10,29   | 26,73   | 20,44   | 16,10   |
| 60          | 98,95   | 45,04   | 23,25   | 10,49   | 29,20   | 20,76   | 14,67   |
| 120         | 102,93  | 47,03   | 24,37   | 10,54   | 29,76   | 27,40   | 19,20   |

C = Controle; F = Fungicida; I = Inseticida; R = *Rhizobium tropici*; A = *Azospirillum brasilense*. Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ ). Fonte: Próprio autor.

Na leitura do índice de clorofila foliar houve diferença significativa entre os tratamentos, com maiores valores quando do uso de *R. tropici* (2), fungicida + inseticida + *R. tropici* (3) e fungicida + inseticida + *A. brasilense* (5), enquanto o tratamento controle (1), apresentou os menores valores, demonstrando uma significativa deficiência de nitrogênio para uso na formação do pigmento fotossintético e no desenvolvimento das plantas (Tabela 2), portanto com efeito das bactérias diazotróficas aplicadas de forma isolada nas sementes de feijão. Também houve efeito linear positivo das doses de nitrogênio em cobertura (Figura 1B), portanto, incremento do nitrogênio constitutivo da molécula de clorofila. Para Viçosi e Pelá (2020), em plantas com e sem *R. tropici*, o aumento da dose de nitrogênio em cobertura (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) aumentou o teor de nitrogênio da parte aérea, porém reduziu a

eficiência de utilização de nitrogênio, assim como a massa seca radicular e o número de nódulos.

A matéria fresca e seca da parte aérea diferiram conforme o uso dos tratamentos de sementes. O uso de fungicida + inseticida + *A. brasilense* (5), destacou-se com valores superiores aos demais, seguidos pelos tratamentos 3 (fungicida + inseticida + *R. tropici*), 7 (fungicida + inseticida + *R. tropici* + *A. brasilense*) e 6 (*R. tropici* + *A. brasilense*). Indicando ainda um menor desenvolvimento de parte aérea nos tratamentos com somente *R. tropici* (2), somente com *A. brasilense* (4) e no controle (1) (Tabela 2).

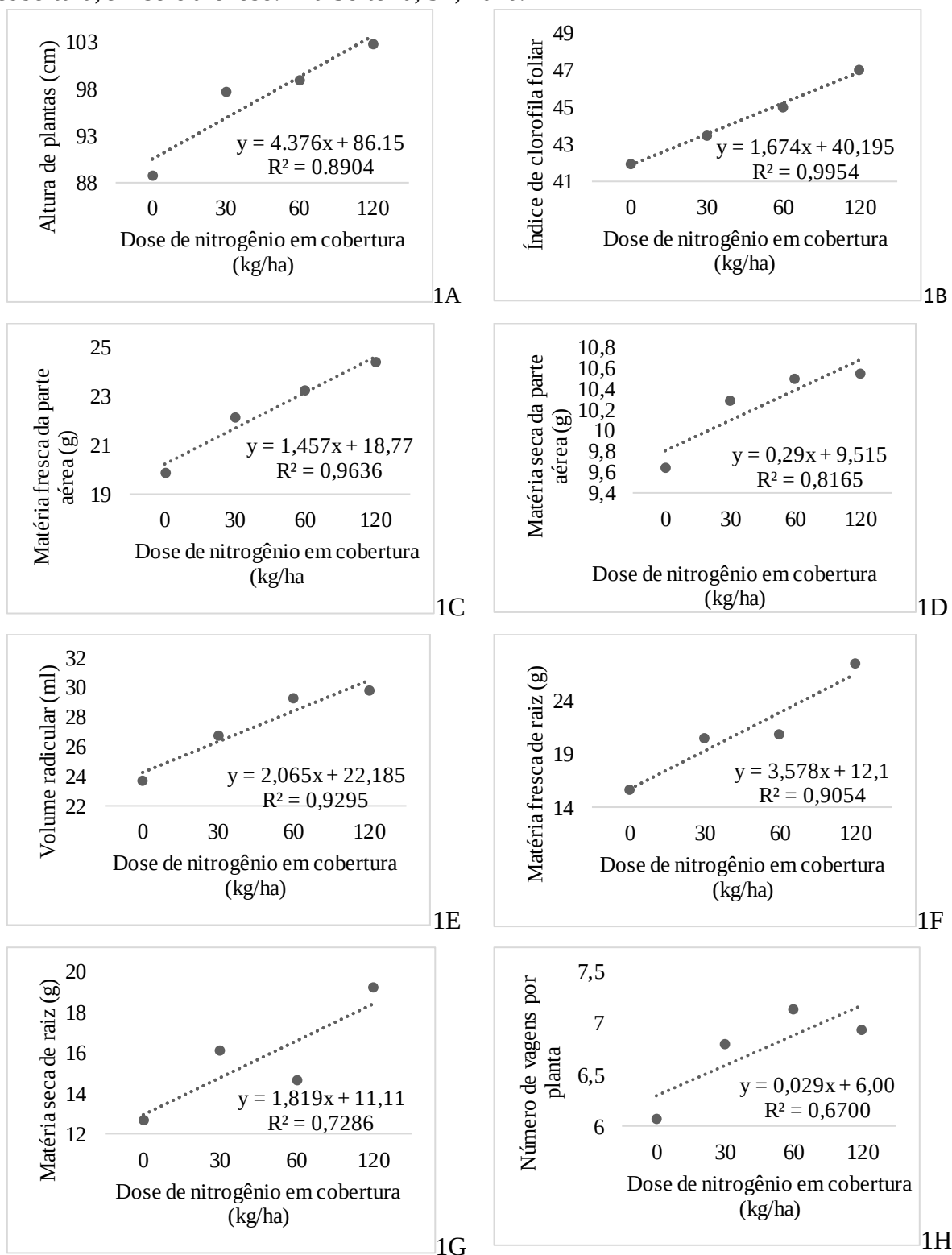
Portanto, o efeito como bactérias promotoras de crescimento, e aumento na produção de matéria seca das plantas, foi mais evidente na inoculação das bactérias com o tratamento de sementes (fungicida + inseticida) ou na coinoculação de ambas, independentemente se em sementes tratadas com os defensivos agrícolas. Também houve efeito linear positivo significativo das doses de N em cobertura no aumento da matéria fresca da parte aérea das plantas (Figura 1C) e também incremento linear da matéria seca da parte aérea (Figura 1D).

Em relação ao volume de raízes, o tratamento com a combinação das duas bactérias, *R. tropici* + *A. brasilense* (6), mostrou-se superior aos demais (Tabela 2). Também houve ajuste significativo e positivo no volume de raízes das plantas devido as doses de N em cobertura (Tabela 2), indicando um aumento linear do desenvolvimento do sistema radicular (Figura 1E).

De acordo com Riggs et al. (2001), os efeitos benéficos do *Azospirillum* para as plantas podem ser caracterizados quanto ao aumento da densidade e comprimento dos pêlos absorventes das raízes; incrementos na velocidade de aparecimento de raízes laterais e do volume de superfície radicular; alteração da respiração das raízes e das atividades de enzimas da via glicolítica e do ciclo dos ácidos tricarboxílicos; produção de nitritos; aumento na absorção de nutrientes e sinais moleculares que interferem no metabolismo das plantas, inclusive na contribuição para a planta associada com nitrogênio fixado. Contudo, nas condições deste experimento, o uso exclusivo do *A. brasilense* no tratamento de sementes, ou combinado com fungicida e inseticida, não proporcionou acréscimo no volume radicular das plantas (Tabela 2).

Os resultados de matéria fresca e matéria seca de raízes (Tabela 2) foram significativos entre os tratamentos, com os maiores valores encontrados nos tratamentos 3 (fungicida + inseticida + *R. tropici*) e 4 (*A. brasilense*). Para esse efeito na matéria fresca e seca radicular, detectou-se também o papel fundamental do N aplicado em cobertura, com ajustes lineares positivos em solo arenoso (Figura 1F e 1G).

Figura 1 – Ajustes de doses de N para altura de plantas (AP), índice de clorofila foliar (ICF), produção de matéria fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, volume radicular por planta (VRP), produção de matéria fresca (MFR) e seca (MSR) de raízes e do número de vagens por planta (NVP) do feijoeiro de inverno com diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em solo arenoso. Ilha Solteira, SP, 2020.



Fonte: Próprio autor.

Tabela 3. Médias do número de vagens por planta (NVP), de grãos por planta (NGP), de grãos por vagem (NGV) e massa de grãos por planta a 13% de umidade (MG) do feijoeiro de inverno com diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em solo arenoso. Ilha Solteira, 2020.

|               | <b>NVP</b> | <b>NGP</b> | <b>NGV</b> | <b>MG (g)</b> |
|---------------|------------|------------|------------|---------------|
| Tratamento    | 0,22 ns    | 0,29 ns    | 0,68 ns    | 0,005 *       |
| Dose          | 0,002 *    | 0,68 ns    | 0,001 *    | 0,92 ns       |
| Trat*Dose     | 0,55 ns    | 0,22 ns    | 0,75 ns    | 0,21 ns       |
| C (1)         | 6,16       | 25,22      | 4,13       | 5,28 b        |
| R (2)         | 6,53       | 24,63      | 3,87       | 5,12 b        |
| F+I+R (3)     | 6,97       | 25,63      | 3,81       | 5,36 b        |
| A (4)         | 6,63       | 24,25      | 3,71       | 5,10 b        |
| F+I+A (5)     | 7,44       | 28,41      | 3,83       | 6,14 a        |
| R+A (6)       | 6,69       | 24,75      | 3,76       | 5,28 b        |
| F+I+R+A (7)   | 6,69       | 25,78      | 4,02       | 5,41 b        |
| Média         | 6,73       | 25,52      | 3,88       | 5,38          |
| <b>CV (%)</b> | 19,77      | 19,40      | 19,03      | 17,91         |
| 0             | 6,07       | 25,18      | 4,25       | 5,34          |
| 30            | 6,79       | 25,29      | 3,79       | 5,48          |
| 60            | 7,13       | 25,11      | 3,57       | 5,39          |
| 120           | 6,93       | 26,52      | 3,89       | 5,31          |

Nota: C = Controle; F = Fungicida; I = Inseticida; R = *Rhizobium tropici*; A = *Azospirillum brasilense*. Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ ). Fonte: Próprio autor.

De acordo com Maia et al. (2015), o ganho de massa de raízes, por menor que seja, pode gerar grande diferença na produção, especialmente se esta biomassa adicional for composta por extremidades radiculares e raízes pilíferas, regiões responsáveis pela maior parte da absorção de água e nutrientes.

Os números de vagens por planta, de grãos por planta e de grãos por vagem, não tiveram alterações significativas com o uso dos diferentes tratamentos de sementes, assim como não apresentaram interação dos tratamentos com as doses de N em cobertura (Tabela 3). Por efeito exclusivo das doses de N, houve incremento linear do número de vagens por planta (Figura 1H). Mellini et al. (2020) em estudo com a cultivar BRS Estilo, observaram que via sementes, a inoculação com *R. tropici*, ou com *A. brasilense*, a coinoculação com *R. tropici* +

*A. brasilense* e a adubação com 80 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura, apesar de aumentarem significativamente a massa de 100 grãos, não proporcionaram acréscimos significativos no número de vagens por planta, de grãos por planta, de grãos por vagem e na produtividade, em relação à testemunha. Também para Gitti et al. (2012), a inoculação de sementes com *A. brasilense* não influenciou significativamente o desenvolvimento das plantas, os componentes de produção e a produtividade de grãos nos cultivares de feijoeiro avaliados em semeadura de inverno.

De acordo com Silva (2002) e Soratto et al. (2001), componentes de produção como a massa de 100 grãos e o número de grãos por vagem, são pouco influenciados por variações do meio de cultivo, uma vez que apresentam alta herdabilidade genética, demonstrando-se mais relacionados a cultivar utilizada.

Enquanto que Andrade et al. (2015) defendem que o clima é um dos elementos que mais influenciam no desempenho da cultura do feijoeiro, que se caracteriza por ser bastante sensível a fatores extremos do ambiente. Desta forma, por mais que as plantas tenham sido submetidas a condições de casa de vegetação, elas provavelmente podem ter sofrido impactos negativos decorrentes da combinação das altas temperaturas com as baixíssimas porcentagens de umidade relativa do ar registradas na região, principalmente no período do inverno de 2020. E apesar da necessidade hídrica demandada durante o ciclo do feijoeiro ter sido diariamente acompanhada e suprida, é de se considerar o estresse gerado nas plantas pelas altas taxas de evapotranspiração.

Com base nos dados climáticos da estação agrometeorológica localizada no município de Ilha Solteira/SP, referentes aos dias dos ciclos do feijoeiro de inverno nos anos de 2019 e 2020, pode-se inferir que em 2019, as médias das temperaturas mínimas, médias e máximas, ficaram respectivamente em 16,9; 23,6 e 31,7 °C, enquanto que em 2020 foram de 16,9; 24,1 e 32,4 °C, consideravelmente altas nos dois anos e mais elevadas em 2020.

Com relação as médias de umidade relativa do ar mínimas, médias e máximas, em 2019 foram respectivamente, 38,3; 63,5 e 89,5 %, enquanto em 2020 foram de 34,9; 59,4 e 86,4 %, mostrando que 2020 foi um ano mais seco. Além do que, enquanto 2019 registrou um valor mínimo de 22,2 % de umidade relativa do ar, em 2020 este valor chegou a 14,1 %, considerado como "estado de alerta" pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

O tratamento 5 (fungicida + inseticida + *A. brasilense*) demonstrou destaque no aspecto produtivo, sendo o único a apresentar acréscimo significativo na massa de grãos a 13% de umidade produzida por planta (Tabela 3). Não houve interação entre os tratamentos e as doses de N para massa de grãos por planta, assim como também não foram verificados

ajustes significativos para doses de N em cobertura. Diferentemente, Hungria, Nogueira e Araújo (2013), em experimentos com feijoeiro realizados por três anos de cultivo em dois locais do Paraná, demonstraram que a coinoculação de *R. tropici*, via sementes, e *A. brasilense*, via sulco de semeadura, resultaram em aumento na produtividade de grãos, em média 19,6% em comparação com a população de rizóbios nativos e 14,7% quando comparado com a inoculação exclusivamente com rizóbios. Portanto, quando colocadas em coinoculação das sementes, as bactérias aparentemente, tem efeito competitivo na rizosfera, minimizando o efeito na produção de grãos do feijoeiro, mesmo com aumento a produção de matéria seca de raízes (Tabela 2)

Por outro lado, Mercante, Otsubo e Lamas (2006) observaram que o uso de inoculante contendo as estirpes de *R. tropici* SEMIA 4077 e SEMIA 4080 proporcionou acréscimos significativos nas produtividades de grãos em quatro cultivares de feijão comum (BRS Pontal, BRS Requite, BRS Vereda e BRS Timbó), sendo superiores aos tratamentos com utilização de doses de até 80 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, constatando a possibilidade de obtenção de incrementos significativos na produtividade média do feijão comum, com baixo custo econômico e ambiental, mas sem o uso da *A. brasilense*.

Trabalhando com doses de 0, 150, 300, 600 e 1200 mL de inoculante a base de *R. tropici* a cada 50 kg de sementes de feijão comum, Capristo et al. (2020) observaram incrementos na produtividade de grãos nas doses até 300 mL, a qual apresentou diferença de aproximadamente 620 kg ha<sup>-1</sup>, em relação à testemunha. Similar aos resultados aqui obtidos, houve diferenças significativas para matéria verde e seca da parte aérea, teor de fósforo foliar, altura de plantas, matéria verde e seca de raízes e comprimento de raízes. Contudo, não houve diferença significativa no nitrogênio foliar, na altura de inserção de primeira vagem, no número de ramificações, massa de cem grãos, número de grãos por vagens e atividade nodular.

Em contrapartida, os modelos de regressão ajustados para os atributos altura de plantas, índice de clorofila foliar, produção de matéria fresca e seca da parte aérea, de raízes, volume radicular e número de vagens no feijoeiro de inverno, em função das doses de nitrogênio em cobertura (Figura 1), foram todos lineares até a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup>. Enquanto que não houve ajustes para o número de grãos por planta (NGP), de grãos por vagem (NGV) e massa de grãos por planta a 13% de umidade (MG) (Tabela 3). Portanto, a presença de N no solo pode interferir na produtividade de grãos, no qual baixos teores de N no solo podem promover a senescência das folhas mais velhas e consequentemente o decaimento na taxa fotossintética em decorrência da translocação de N das folhas para os grãos, diminuindo assim

a taxa fotossintética para as folhas remanescentes ocasionando em menor produtividade de grãos (PORTES, 1996).

É possível observar que existe um enfoque na literatura atual, sobre a diminuição da oscilação de resultados obtidos com a coinoculação, quando o tratamento com a segunda bactéria, ou ambas, é efetuado via sulco de semeadura. Nesta linha, Tochetto e Boiago (2020) utilizando a cultivar IPR TUIUIÚ, com *R. tropici* e *A. brasilense* associados, compararam testemunha, coinoculação via semente ( $8 \text{ mL kg}^{-1}$ ), coinoculação via sulco de semeadura ( $8 \text{ mL kg}^{-1}$ ) e coinoculação na semente e no sulco ( $4 \text{ mL kg}^{-1} + 4 \text{ mL kg}^{-1}$ ) e os resultados demonstraram que o feijoeiro respondeu à prática da coinoculação via sulco de semeadura, com incremento no número de nódulos por planta, na massa seca da parte aérea, no número de vagens por planta, grãos por vagens e produtividade, com ganho de  $540 \text{ kg ha}^{-1}$  em relação a testemunha e de  $358 \text{ kg ha}^{-1}$  em relação a coinoculação via sementes.

Observa-se que a atenção se estende inclusive ao uso do rizóbio via semente, o que pode ser demonstrado por Silva et al. (2020), em estudo sobre a ação de fungicidas na fixação biológica do nitrogênio em feijoeiro (BRS Estilo). Na ocasião, observou-se que as sementes inoculadas com *R. tropici* e não tratadas com fungicidas, apresentaram maior potencial de eficiência na fixação biológica do nitrogênio, quando comparadas às sementes inoculadas e tratadas com os fungicidas. Neste caso, além da testemunha, que foi somente inoculada, os tratamentos constaram de uso de carbendazim + thiram ( $2 \text{ mL/kg}$ ), fludioxonil + metalaxyl ( $2 \text{ mL/kg}$ ), fluquinconazol ( $3 \text{ mL/kg}$ ), tiofanato metílico + fluazinam ( $1 \text{ mL/kg}$ ), e fungicida microbiológico *Trichoderma asperellum* ( $1 \text{ g/kg}$ ). Apesar do número total de nódulos ter sido maior com o *Trichoderma*, seguido da testemunha e então pelos fungicidas comerciais, o maior número de nódulos viáveis se deu na testemunha, depois com *Trichoderma* e em seguida nos fungicidas. Além disso, os tratamentos com fungicidas químicos apresentaram uma relação inversa entre o número total de nódulos produzidos e a porcentagem de nódulos viáveis, demonstrando que os fungicidas tanto podem reduzir a quantidade de nódulos das raízes do feijoeiro, quanto torná-los menos efetivos na fixação biológica do nitrogênio, fato este que auxilia explicar o efeito linear do N em cobertura.

Mesmo se tratando da cultura da soja, o maior sucesso em simbiose com objetivo de fixação biológica de nitrogênio, e que tornou o Brasil um país referência no assunto, verifica-se essas mesmas constatações atuais, como Braccini et al. (2016), que relataram que a coinoculação de *Bradyrhizobium* sp e *A. brasilense* via sulco de semeadura, garante maior vida útil às bactérias e gera maior incremento na massa seca da parte aérea, no número de



vagens por planta e na produtividade de grãos, do que se realizada via semente, devido ao maior sucesso na simbiose.

Anteriormente, Vieira Neto et al. (2008) demonstraram que em área de primeiro cultivo de soja, a aplicação de inoculante turfoso associado a fungicida e micronutrientes via semente possibilita maior nodulação, enquanto que, após vários anos de cultivo com soja, a melhor resposta à nodulação ocorre com a aplicação de uma dose de inoculante líquido no sulco de semeadura. Nos tratamentos em que a inoculação foi realizada via semente, utilizou-se o inoculante turfoso (GlycimaxR), com as estirpes de *Bradyrhizobium elkanii* SEMIA 587 e 5019 ( $3 \times 10^9$  cels g<sup>-1</sup>). Nos tratamentos com a inoculação via sulco de semeadura, foi utilizado inoculante líquido (RhizomaxR), com as estirpes de *B. japonicum* SEMIA 5079 e 5080 ( $2 \times 10^9$  cels mL<sup>-1</sup>), na dose recomendada de 3 mL em 2 L de água.

Nesta mesma linha de pesquisa, Filipini et al. (2021) em experimento de campo com feijoeiro, avaliaram a associação de *R. tropici* e *A. brasilense*, isoladamente e em combinação. As bactérias foram inoculadas em sementes, sozinhas ou em combinação, associadas ou não à pulverização foliar de *A. brasilense*. A aplicação de *A. brasilense*, na semente ou por pulverização foliar, e a inoculação das sementes com *R. tropici*, tiveram efeito aditivo, aumentando a biomassa e o nitrogênio acumulado, a massa de mil grãos e a produtividade.

O efeito da inoculação associada à adubação nitrogenada no feijoeiro varia com a época de semeadura, condições climáticas, solo e materiais genéticos, entre outros. Assim, Viçosi, Peixoto e Pelá (2020), trabalhando com sete cultivares de feijão de vagem (Commodore Improved, Contender, Delinel, Jade, Strike, Stringless Green e Provider) semeados com 50 kg ha<sup>-1</sup> N, 300 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 100 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O, com uso de *R. tropici* (Semia 4077 e Semia 4088), não observaram interferência no desenvolvimento vegetativo da parte aérea dos cultivares até a fase de floração. Contudo, as cultivares Delinel, Jade e Stringless Green destacaram-se quanto a nodulação. Assim os autores concluíram que a inoculação afetou negativamente a absorção e o conteúdo de nitrogênio acumulado pela parte aérea, mas é capaz de aumentar o número de nódulos, a nodulação específica e a eficiência da utilização do nitrogênio, e que existe uma correlação negativa entre a nodulação e a massa seca da parte aérea, o teor de nitrogênio e o nitrogênio acumulado pela parte aérea.

#### 4.4 CONCLUSÃO

A mistura de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* para inoculação via sementes de feijoeiro em cultivo de inverno, não altera o crescimento vegetativo, componentes da produção e produção de grãos, entretanto, sem o tratamento de sementes com fungicida e inseticida, a coinoculação aumentou o volume radicular das plantas.

A produção de matéria seca de raízes do feijoeiro é maior quando do uso isolado de *Azospirillum brasilense*, ou quando do tratamento de sementes com fungicida e inseticida, combinado à inoculação com *Rhizobium tropici* nas sementes.

A combinação de fungicida e inseticida, com a inoculação das sementes de feijão com *Azospirillum brasilense* incrementa a produção de matéria seca da parte aérea e de grãos por planta.

Mesmo com o tratamento de sementes com fungicida + inseticida, associado às bactérias diazotróficas em inoculação ou coinoculação, o feijão de inverno respondeu linearmente no crescimento vegetativo, de raízes, e produção de vagens e grãos por vagem, até a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura.

## REFERÊNCIAS

- AMBROSANO, E. J. et al. **Feijão**. In: 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: IAC, 1996. P. 194-195. (Boletim Técnico, 100)
- ANDRADE, M. J. B. et al. Exigências Edafoclimáticas. In: CARNEIRO J. E., P JÚNIOR T. J., BORÉM A (ed.) **Feijão do plantio à colheita**. Viçosa, MG: EDITORA UFV, 2015. p. 67-95.
- BRACCINI, A. L. et al. Co-inoculação e Modos de Aplicação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* e Adubação Nitrogenada na Nodulação das Plantas e Rendimento da Cultura da Soja. **Scientia Agraria Paranaensis** Maringá, v. 15, n. 1, p. 27-35, 2016.
- CAPRISTO, D. P. et al. Inoculante e bioestimulante no desempenho do feijão comum cultivado no ecótono Cerrado-Pantanal. **Research, Society and Development**, Itabira, v. 9, n. 5, 2020.
- CERRO, P. et al. Opening the “black box” of nodD3, nodD4 and nodD5 genes of *Rhizobium tropici* strain CIAT 899. **BMC genomics**, London, v. 16, n. 1, p. 1-10, 2015.
- CERRO, P. et al. The *Rhizobium tropici* CIAT 899 NodD2 protein regulates the production of Nod factors under salt stress in a flavonoid-independent manner. **Scientific Reports**, London, v. 7, n. 46712, p. 1-10, 2017.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, p. 1039-1042, 2011.
- FILIPINI, L. D. et al. Application of *Azospirillum* on seeds and leaves, associated with *Rhizobium* inoculation, increases growth and yield of common bean. **Archives of Microbiology**, New York, v. 203, n. 3, p. 1033-1038, 2021.
- GITTI, D. C. et al. Inoculação de *Azospirillum brasilense* em cultivares de feijões cultivados no inverno. **Agrarian**, Dourados, v. 5, n. 15, p. 36-46, 2012.
- HUNGRIA, M. et al. Isolation and characterization of new efficient and competitive bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobia from Brazil. **Soil Biol Biochem**, Oxford, v. 21, p. 1515–1528, 2000.
- HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Co-Inoculation of Soybeans and Common Beans with Rhizobia and *Azospirillum*: Strategies to Improve Sustainability. **Biology and Fertility of Soils**, Heidelberg, v. 49, n. 1, p. 791-801, 2013.
- MAIA, J. M. et al. Seca e salinidade na resposta antioxidativa de raízes de feijão caupi. **Journal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management**, [s. l.], v. 11, n. 1, 2015.
- MELLINI, B. S. et al. Inoculação e co-inoculação no desenvolvimento agrônomo do feijoeiro. **Cadernos de Agroecologia**, [s. l.], v. 15, n. 1, 2020.

- 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., 2006, [s. l.]. **Anais [...]** [S. l.: s. n.], 2006.
- PORTES, T. A. Ecofisiologia. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: [s. n.], 1996. p. 101-137.
- RAIJ, B. van. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. [S. l.: s. n.], 2001. p. 189-199.
- RIGGS, P. J. et al. Enhanced maize productivity by inoculation with diazotrophic bacteria. **Australian Journal of Plant Physiology**, Clayton, v. 28, p. 829-836, 2001.
- ROSA, W. B. et al. Desempenho agrônomo e viabilidade econômica da adubação nitrogenada e molíbdica no feijão comum. **Brazilian Journal of Development**, [s. l.], v. 6, n. 9, p. 65815-65831, 2020.
- SANTOS, H. G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 353 p.
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Chichester, p. 507-512, 1974.
- SILVA, E. A. et al. Ação de fungicidas na fixação biológica do nitrogênio em feijoeiro. **Revista Agroveterinária do Sul de Minas**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 21-32, 2020.
- SILVA, T. R. B. **Adubação nitrogenada e resíduos vegetais no desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em sistema de plantio direto**. 2002. 56 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2002.
- SORATTO, R. P. et al. Níveis e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura no feijoeiro irrigado em plantio direto. **Revista Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v. 10, p. 89-99, 2001.
- TEIXEIRA, P. C. et al. Manual de métodos de análise de solo. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 573.
- TOCHETO, G. H. G.; BOIAGO, N. P. Formas de aplicação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* coinoculados na cultura do feijão. **Revista Cultivando o Saber**, v. 13, n. 2, p. 37-48, 2020.
- VIÇOSI, K. A.; PEIXOTO, N.; PELÁ, A. Resposta de cultivares de feijão-vagem de crescimento determinado à inoculação com *Rhizobium tropici*. **Agrarian**, Dourados, v. 13, n. 49, p. 352-361, 2020.
- VIÇOSI, K. A.; PELÁ, A. Doses de nitrogênio em cobertura e inoculação com *Rhizobium tropici* na cultura do feijão-vagem. **Revista Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v. 29, n. 3, p. 326-336, 2020.

VIEIRA NETO, S. A. et al. Formas de aplicação de inoculantes e seus efeitos sobre a nodulação da soja. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 861-870, 2008.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A variação dos resultados quanto à inoculação e à coinoculação, além de suas relações frente à adubação nitrogenada no feijoeiro de inverno ainda é grande. Exemplo este encontrado nos resultados desta pesquisa, na qual em solo argiloso, os resultados demonstraram que não adicionar nada as sementes (nenhum tratamento químico e nenhuma inoculação), ou então, fazer o uso conjunto de tratamento de sementes com fungicida e inseticida e coinoculação via semente de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*, reduziu a produção do feijoeiro de inverno em solo argiloso. Enquanto que o uso conjunto de fungicida e inseticida, fungicida e *R. tropici*, e fungicida, inseticida e *R. tropici*, favoreceu o desenvolvimento da parte aérea do feijoeiro, o *A. brasilense*, sem o *R. tropici* e com inseticida ou inseticida mais fungicida, proporcionou maior massa em raízes de feijoeiro em solo argiloso.

Em solo arenoso, a produção de grãos do feijoeiro de inverno foi superior com tratamento de sementes somente com inseticida, somente com *R. tropici* e também com os dois em conjunto. Essa produção mostrou-se inferior, novamente, no tratamento conjunto entre fungicida, inseticida e coinoculação de bactérias via semente, e também onde foi utilizado inseticida combinado com *A. brasilense*.

Em 2020 os resultados em solo arenoso demonstraram que a mistura de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* para inoculação via sementes de feijoeiro em cultivo de inverno, não altera o crescimento vegetativo, componentes da produção e produção de grãos, entretanto, sem o tratamento de sementes com fungicida e inseticida, a coinoculação aumentou o volume radicular das plantas. A produção de matéria seca de raízes do feijoeiro é maior quando do uso isolado de *A. brasilense*, ou quando do tratamento de sementes com fungicida e inseticida, combinado à inoculação com *Rhizobium tropici* nas sementes. A combinação de fungicida e inseticida, com a inoculação das sementes de feijão com *A. brasilense* incrementa a produção de matéria seca da parte aérea e de grãos por planta. Mesmo com o tratamento de sementes com fungicida + inseticida, associado às bactérias diazotróficas em inoculação ou coinoculação, o feijão de inverno respondeu linearmente no crescimento vegetativo, de raízes, e produção de vagens e grãos por vagem, até a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura.

Este desfecho reitera sobre a alta complexidade e dinamicidade da esfera biológica do solo, um dos três pilares que determinam sua qualidade (químico, físico e biológico) onde, justamente por sua natureza, gera dificuldades de mensuração e de correlação ao

desenvolvimento das culturas. Contudo, devido a sua grande importância, uma vez que a adoção de tecnologias biológicas para o feijoeiro é aplicável a agricultores com cultivos de todos os portes e seu grande impacto econômico no custo de produção, o estudo deste pilar vem ganhando força a cada dia, mostrando-se capaz de melhorar a qualidade e a fertilidade do solo a baixo custo e de fomentar o sistema produtivo da cultura como um todo. Além de contribuir para a redução da emissão de gases de efeito estufa e de contaminação dos recursos hídricos.

Desta forma são necessárias novas pesquisas com inoculação e coinoculação em sementes e no sulco de semeadura, para averiguar os efeitos de competição das bactérias na rizosfera na fase inicial de infecção das raízes do feijoeiro.

E para que se tenha um maior alcance de informações relevantes, as pesquisas devem ser repetidas em diferentes localidades, épocas de semeadura e com cultivares de diferentes hábitos de crescimento.

### ANEXO A – Dados climáticos de Ilha Solteira referentes aos dias do ciclo do feijoeiro de inverno do ano de 2019.

| Dia<br>-   | TEMPERATURA<br>°C |        |        | UMIDADE RELATIVA DO<br>AR % |        |        | Pressão<br>Atm<br>kPa | Radiação<br>Global<br>MJ/m2.dia | Radiação<br>Líquida<br>MJ/m2.dia | PAR<br>μmoles/m² | ETo PN-M<br>mm/dia | Velocidade do<br>vento (m/s)<br>Máxima | Velocidade do<br>vento (m/s)<br>Média | Direção<br>vento<br>° | Chuva<br>mm | Insolação<br>h/dia |
|------------|-------------------|--------|--------|-----------------------------|--------|--------|-----------------------|---------------------------------|----------------------------------|------------------|--------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|-------------|--------------------|
|            | Média             | Máxima | Mínima | Média                       | Máxima | Mínima |                       |                                 |                                  |                  |                    |                                        |                                       |                       |             |                    |
| 17-06-2019 | 23.3              | 30.9   | 15.6   | 64.7                        | 98.4   | 37.5   | 98.0                  | 10.5                            | 8.4                              | 248.2            | 2.3                | 4.6                                    | 0.8                                   | 67.2                  | 0.0         | 4.8                |
| 18-06-2019 | 22.9              | 31.7   | 14.6   | 69.0                        | 100.0  | 38.2   | 97.8                  | 10.6                            | 8.5                              | 252.5            | 2.3                | 4.0                                    | 0.7                                   | 80.7                  | 0.0         | 5.0                |
| 19-06-2019 | 23.4              | 33.4   | 15.9   | 67.7                        | 94.2   | 34.5   | 97.9                  | 9.7                             | 7.7                              | 231.7            | 2.1                | 3.7                                    | 0.5                                   | 87.5                  | 0.0         | 4.1                |
| 20-06-2019 | 23.8              | 32.6   | 15.9   | 69.4                        | 100.0  | 38.1   | 98.1                  | 10.2                            | 8.2                              | 244.3            | 2.3                | 4.3                                    | 0.6                                   | 137.7                 | 0.0         | 4.5                |
| 21-06-2019 | 23.9              | 31.9   | 16.9   | 61.4                        | 92.4   | 34.0   | 98.2                  | 10.3                            | 8.3                              | 244.3            | 3.3                | 6.6                                    | 1.7                                   | 106.5                 | 0.0         | 4.7                |
| 22-06-2019 | 23.0              | 31.2   | 17.1   | 63.6                        | 93.4   | 37.4   | 98.3                  | 10.5                            | 8.3                              | 248.6            | 3.0                | 5.6                                    | 1.4                                   | 103.4                 | 0.0         | 4.9                |
| 23-06-2019 | 22.6              | 30.8   | 15.1   | 67.1                        | 98.3   | 37.4   | 98.0                  | 10.5                            | 8.5                              | 250.1            | 2.5                | 6.7                                    | 1.0                                   | 56.9                  | 0.0         | 4.9                |
| 24-06-2019 | 23.0              | 31.5   | 14.9   | 68.3                        | 100.0  | 36.5   | 97.6                  | 10.5                            | 8.5                              | 251.8            | 2.6                | 5.2                                    | 1.0                                   | 47.5                  | 0.0         | 4.9                |
| 25-06-2019 | 24.8              | 33.0   | 17.6   | 59.8                        | 89.6   | 32.9   | 97.4                  | 10.4                            | 8.6                              | 252.9            | 3.1                | 9.6                                    | 1.3                                   | 11.5                  | 0.0         | 4.7                |
| 26-06-2019 | 23.2              | 32.0   | 18.8   | 66.5                        | 93.9   | 36.1   | 97.5                  | 6.5                             | 5.1                              | 155.3            | 2.7                | 6.7                                    | 1.4                                   | 314.6                 | 0.3         | 1.0                |
| 27-06-2019 | 21.8              | 28.0   | 18.5   | 82.9                        | 98.0   | 58.9   | 97.8                  | 6.4                             | 5.2                              | 154.1            | 1.8                | 5.0                                    | 1.1                                   | 116.8                 | 0.5         | 0.9                |
| 28-06-2019 | 25.0              | 33.7   | 17.3   | 68.0                        | 96.7   | 38.6   | 97.7                  | 10.2                            | 8.7                              | 249.4            | 3.0                | 5.7                                    | 1.4                                   | 81.9                  | 0.0         | 4.5                |
| 29-06-2019 | 25.2              | 33.0   | 19.6   | 61.8                        | 88.5   | 35.4   | 97.6                  | 10.4                            | 8.7                              | 253.5            | 3.0                | 5.8                                    | 1.3                                   | 64.6                  | 0.0         | 4.8                |
| 30-06-2019 | 25.2              | 33.4   | 19.9   | 64.6                        | 84.6   | 38.2   | 97.7                  | 10.5                            | 8.6                              | 252.8            | 2.9                | 5.1                                    | 1.1                                   | 48.6                  | 0.0         | 3.3                |
| 01-07-2019 | 25.2              | 34.1   | 17.8   | 64.9                        | 100.0  | 34.6   | 97.6                  | 10.4                            | 8.5                              | 251.4            | 2.4                | 4.9                                    | 0.7                                   | 30.1                  | 0.0         | 3.3                |
| 02-07-2019 | 24.7              | 33.6   | 17.5   | 67.9                        | 100.0  | 35.5   | 97.1                  | 9.7                             | 7.8                              | 234.1            | 2.4                | 5.7                                    | 0.7                                   | 1.8                   | 0.0         | 2.5                |
| 03-07-2019 | 25.4              | 34.2   | 17.9   | 63.3                        | 94.2   | 33.7   | 97.1                  | 9.9                             | 8.2                              | 240.3            | 2.9                | 7.1                                    | 1.1                                   | 348.9                 | 0.0         | 2.7                |
| 04-07-2019 | 20.9              | 23.3   | 19.7   | 97.9                        | 100.0  | 86.3   | 97.3                  | 2.4                             | 1.0                              | 55.1             | 0.8                | 3.3                                    | 0.3                                   | 1.7                   | 12.2        | 0.0                |
| 05-07-2019 | 17.8              | 22.6   | 11.7   | 87.8                        | 100.0  | 64.3   | 97.9                  | 4.2                             | 3.5                              | 101.3            | 1.5                | 5.2                                    | 1.7                                   | 241.8                 | 4.1         | 0.0                |
| 06-07-2019 | 11.5              | 18.4   | 6.0    | 59.5                        | 83.6   | 29.9   | 98.5                  | 11.9                            | 9.0                              | 261.2            | 2.4                | 5.1                                    | 1.6                                   | 221.7                 | 0.0         | 4.8                |
| 07-07-2019 | 13.1              | 22.2   | 5.1    | 61.8                        | 90.5   | 32.3   | 98.4                  | 11.8                            | 9.0                              | 263.0            | 2.3                | 5.9                                    | 1.1                                   | 129.1                 | 0.0         | 4.7                |
| 08-07-2019 | 17.2              | 27.1   | 9.6    | 63.6                        | 90.4   | 36.0   | 98.2                  | 11.5                            | 8.8                              | 258.7            | 2.9                | 4.9                                    | 1.6                                   | 131.5                 | 0.0         | 4.4                |
| 09-07-2019 | 20.9              | 30.4   | 10.6   | 61.8                        | 93.0   | 38.0   | 98.1                  | 11.2                            | 9.1                              | 257.2            | 3.2                | 5.6                                    | 1.7                                   | 114.8                 | 0.0         | 4.1                |
| 10-07-2019 | 22.6              | 31.7   | 13.3   | 55.0                        | 79.7   | 32.0   | 98.0                  | 11.2                            | 9.0                              | 258.3            | 3.4                | 5.2                                    | 1.5                                   | 99.6                  | 0.0         | 4.1                |
| 11-07-2019 | 22.7              | 30.1   | 15.3   | 54.5                        | 85.6   | 31.2   | 97.8                  | 11.4                            | 8.9                              | 261.3            | 3.0                | 5.1                                    | 1.3                                   | 88.7                  | 0.0         | 4.3                |
| 12-07-2019 | 22.4              | 32.1   | 14.0   | 55.5                        | 83.4   | 30.8   | 97.7                  | 11.1                            | 8.7                              | 258.0            | 2.7                | 3.9                                    | 0.9                                   | 105.0                 | 0.0         | 4.0                |
| 13-07-2019 | 23.2              | 33.4   | 14.7   | 61.2                        | 95.5   | 27.0   | 97.7                  | 10.1                            | 8.2                              | 233.7            | 2.4                | 4.0                                    | 0.6                                   | 117.6                 | 0.0         | 3.0                |
| 14-07-2019 | 24.1              | 33.0   | 17.6   | 62.3                        | 89.5   | 33.9   | 97.6                  | 9.7                             | 8.0                              | 223.5            | 2.5                | 3.9                                    | 0.7                                   | 76.9                  | 0.0         | 2.6                |
| 15-07-2019 | 25.0              | 34.6   | 19.0   | 64.7                        | 94.2   | 32.0   | 97.5                  | 9.3                             | 7.5                              | 217.0            | 2.7                | 6.8                                    | 0.9                                   | 222.2                 | 0.0         | 2.2                |
| 16-07-2019 | 20.4              | 25.7   | 16.6   | 79.6                        | 93.6   | 62.0   | 97.9                  | 9.1                             | 7.5                              | 212.0            | 1.9                | 4.9                                    | 0.8                                   | 241.2                 | 0.0         | 1.9                |
| 17-07-2019 | 17.6              | 24.7   | 12.6   | 63.8                        | 94.9   | 39.7   | 98.2                  | 11.5                            | 8.6                              | 261.2            | 2.8                | 7.0                                    | 1.8                                   | 134.9                 | 0.0         | 4.4                |
| 18-07-2019 | 19.5              | 28.9   | 12.6   | 69.4                        | 94.5   | 40.9   | 98.1                  | 11.1                            | 8.5                              | 251.7            | 3.3                | 6.8                                    | 2.0                                   | 120.1                 | 0.0         | 4.1                |
| 19-07-2019 | 26.0              | 30.8   | 20.4   | 54.8                        | 67.7   | 42.9   | 97.9                  | 8.1                             | 5.5                              | 336.5            | 3.4                | 5.7                                    | 2.0                                   | 108.8                 | 0.0         | 0.9                |
| 20-07-2019 | 23.0              | 30.3   | 17.1   | 56.5                        | 79.3   | 36.5   | 97.9                  | 11.0                            | 6.2                              | 256.1            | 3.5                | 5.8                                    | 1.9                                   | 93.0                  | 0.0         | 3.9                |
| 21-07-2019 | 23.0              | 29.0   | 18.5   | 56.8                        | 76.4   | 41.9   | 97.7                  | 8.9                             | 4.3                              | 205.1            | 3.3                | 7.1                                    | 2.1                                   | 76.5                  | 0.0         | 1.7                |
| 22-07-2019 | 24.1              | 31.8   | 19.0   | 60.3                        | 79.7   | 39.7   | 97.8                  | 9.4                             | 5.2                              | 215.3            | 3.1                | 7.0                                    | 1.5                                   | 64.6                  | 0.0         | 2.3                |
| 23-07-2019 | 24.3              | 31.7   | 17.1   | 56.7                        | 84.0   | 36.8   | 97.9                  | 11.5                            | 7.0                              | 272.0            | 3.3                | 6.1                                    | 1.5                                   | 78.7                  | 0.0         | 4.5                |
| 24-07-2019 | 24.9              | 33.1   | 16.8   | 57.6                        | 90.2   | 33.1   | 97.8                  | 11.7                            | 7.0                              | 273.1            | 3.1                | 5.5                                    | 1.1                                   | 74.7                  | 0.0         | 4.6                |
| 25-07-2019 | 23.6              | 32.6   | 17.7   | 65.8                        | 91.1   | 39.8   | 97.8                  | 9.4                             | 4.8                              | 211.5            | 2.2                | 3.4                                    | 0.6                                   | 257.4                 | 0.0         | 2.3                |
| 26-07-2019 | 23.8              | 32.8   | 17.6   | 69.4                        | 95.9   | 34.9   | 98.0                  | 11.4                            | 6.9                              | 266.9            | 2.6                | 3.8                                    | 0.7                                   | 225.6                 | 0.0         | 4.4                |
| 27-07-2019 | 22.6              | 32.5   | 15.4   | 72.2                        | 100.0  | 36.2   | 98.1                  | 10.7                            | 5.9                              | 248.9            | 2.5                | 3.4                                    | 0.7                                   | 246.8                 | 0.0         | 3.6                |
| 28-07-2019 | 23.5              | 31.6   | 15.5   | 58.3                        | 97.0   | 29.4   | 98.0                  | 11.8                            | 6.9                              | 272.4            | 3.0                | 5.7                                    | 1.0                                   | 75.0                  | 0.0         | 4.8                |
| 29-07-2019 | 24.0              | 32.8   | 17.1   | 54.5                        | 86.0   | 29.2   | 97.8                  | 11.9                            | 6.5                              | 276.5            | 3.4                | 5.2                                    | 1.3                                   | 117.3                 | 0.0         | 4.9                |
| 30-07-2019 | 25.0              | 34.8   | 16.5   | 53.2                        | 83.8   | 28.2   | 97.7                  | 10.7                            | 6.3                              | 254.4            | 3.3                | 4.6                                    | 1.1                                   | 112.6                 | 0.0         | 3.7                |



|            |      |           |      |      |       |      |      |      |      |         |       |      |     |       |      |       |
|------------|------|-----------|------|------|-------|------|------|------|------|---------|-------|------|-----|-------|------|-------|
| 31-07-2019 | 24.5 | 33.1      | 15.5 | 55.9 | 94.0  | 25.7 | 97.7 | 12.1 | 6.6  | 277.6   | 3.2   | 5.0  | 1.1 | 104.1 | 0.0  | 4.0   |
| 01-08-2019 | 25.9 | 35.3      | 17.0 | 48.4 | 78.4  | 25.9 | 97.4 | 11.9 | 7.0  | 274.4   | 4.0   | 6.4  | 1.5 | 62.0  | 0.0  | 3.9   |
| 02-08-2019 | 25.4 | 34.6      | 18.5 | 55.5 | 81.4  | 30.7 | 97.6 | 7.8  | 4.1  | 179.7   | 3.7   | 7.6  | 1.8 | 242.7 | 0.0  | 0.6   |
| 03-08-2019 | 15.7 | 21.3      | 10.6 | 66.9 | 84.7  | 53.5 | 98.2 | 7.0  | 3.2  | 162.1   | 2.3   | 6.4  | 2.3 | 241.4 | 0.0  | 0.0   |
| 04-08-2019 | 13.6 | 16.3      | 10.8 | 89.2 | 99.4  | 61.1 | 98.4 | 2.1  | -0.7 | 49.3    | 0.9   | 5.4  | 0.5 | 154.9 | 6.4  | 0.0   |
| 05-08-2019 | 17.9 | 24.7      | 13.9 | 86.2 | 98.6  | 64.8 | 98.4 | 8.5  | 6.3  | 200.3   | 2.2   | 7.9  | 2.1 | 124.8 | 4.6  | 1.2   |
| 06-08-2019 | 19.2 | 23.9      | 16.5 | 89.7 | 100.0 | 74.7 | 98.4 | 5.6  | 1.6  | 126.0   | 1.6   | 10.9 | 2.3 | 86.1  | 16.8 | 0.0   |
| 07-08-2019 | 23.6 | 31.0      | 17.6 | 72.4 | 95.0  | 48.0 | 98.2 | 12.6 | 9.1  | 291.0   | 3.1   | 5.9  | 1.4 | 72.9  | 0.0  | 4.4   |
| 08-08-2019 | 24.8 | 32.5      | 19.1 | 64.2 | 88.7  | 35.0 | 98.1 | 13.1 | 8.9  | 299.6   | 3.2   | 5.4  | 1.0 | 64.9  | 0.0  | 4.8   |
| 09-08-2019 | 25.3 | 34.1      | 17.3 | 58.6 | 92.4  | 32.2 | 97.9 | 13.3 | 9.0  | 303.8   | 3.4   | 6.4  | 1.1 | 56.6  | 0.0  | 5.0   |
| 10-08-2019 | 24.9 | 35.0      | 16.0 | 59.6 | 97.4  | 28.0 | 97.9 | 13.0 | 8.6  | 299.7   | 2.9   | 4.3  | 0.6 | 331.4 | 0.0  | 4.8   |
| 11-08-2019 | 24.9 | 35.2      | 15.7 | 61.2 | 96.2  | 30.1 | 97.8 | 13.1 | 9.0  | 299.6   | 3.0   | 5.1  | 0.7 | 70.7  | 0.0  | 4.9   |
| 12-08-2019 | 28.0 | 35.9      | 19.6 | 51.2 | 81.9  | 31.4 | 97.6 | 13.2 | 9.1  | 304.2   | 4.0   | 6.0  | 1.4 | 66.8  | 0.0  | 4.9   |
| 13-08-2019 | 26.6 | 36.1      | 18.0 | 63.9 | 98.8  | 31.4 | 97.7 | 12.9 | 9.3  | 291.6   | 3.4   | 5.3  | 0.9 | 248.4 | 0.0  | 4.8   |
| 14-08-2019 | 21.8 | 27.6      | 16.8 | 63.8 | 88.7  | 51.3 | 98.1 | 12.3 | 7.9  | 278.6   | 3.2   | 8.9  | 2.0 | 164.2 | 0.0  | 4.3   |
| 15-08-2019 | 21.0 | 29.8      | 14.0 | 65.7 | 81.7  | 43.8 | 98.2 | 11.2 | 7.4  | 252.4   | 3.6   | 8.2  | 2.0 | 122.7 | 0.0  | 3.4   |
| 16-08-2019 | 24.2 | 31.3      | 17.9 | 53.5 | 76.4  | 28.4 | 98.0 | 13.5 | 8.4  | 303.6   | 4.2   | 5.7  | 1.9 | 95.4  | 0.0  | 5.2   |
| 17-08-2019 | 25.8 | 34.0      | 18.2 | 49.9 | 75.4  | 30.3 | 97.6 | 13.4 | 8.5  | 300.0   | 4.7   | 7.3  | 2.1 | 77.7  | 0.0  | 5.1   |
| 18-08-2019 | 27.1 | 32.8      | 22.3 | 52.6 | 78.9  | 38.5 | 97.5 | 7.1  | 3.6  | 140.5   | 2.8   | 5.3  | 1.1 | 62.3  | 0.0  | 0.1   |
| 19-08-2019 | 25.6 | 32.4      | 19.6 | 69.4 | 98.3  | 48.9 | 97.5 | 6.9  | 3.5  | 123.5   | 1.9   | 3.5  | 0.5 | 257.9 | 0.0  | 0.0   |
| 20-08-2019 | 23.4 | 29.8      | 16.8 | 73.5 | 93.0  | 53.4 | 97.8 | 11.3 | 6.9  | 237.8   | 2.7   | 5.1  | 1.1 | 176.3 | 0.0  | 3.5   |
| 21-08-2019 | 24.2 | 32.1      | 17.4 | 66.6 | 88.9  | 42.1 | 97.9 | 13.3 | 8.5  | 294.1   | 3.5   | 6.6  | 1.4 | 151.2 | 0.0  | 5.1   |
| 22-08-2019 | 23.0 | 30.7      | 16.8 | 62.9 | 86.0  | 37.9 | 98.0 | 13.9 | 8.5  | 307.2   | 3.7   | 6.1  | 1.6 | 130.4 | 0.0  | 5.6   |
| 23-08-2019 | 21.6 | 30.0      | 13.8 | 66.8 | 95.4  | 41.5 | 98.0 | 12.9 | 8.2  | 280.3   | 2.7   | 5.1  | 0.6 | 167.4 | 0.0  | 4.8   |
| 24-08-2019 | 22.7 | 30.9      | 15.8 | 57.8 | 91.7  | 32.7 | 97.9 | 14.8 | 8.5  | 323.5   | 4.2   | 7.3  | 2.0 | 127.1 | 0.0  | 6.4   |
| 25-08-2019 | 22.5 | 32.7      | 14.6 | 58.8 | 85.5  | 25.9 | 98.0 | 15.0 | 8.3  | 322.0   | 4.4   | 6.2  | 1.7 | 128.6 | 0.0  | 6.5   |
| 26-08-2019 | 25.8 | 34.9      | 16.8 | 51.4 | 78.5  | 28.6 | 97.8 | 14.0 | 8.4  | 301.4   | 4.3   | 6.1  | 1.5 | 92.0  | 0.0  | 5.7   |
| 27-08-2019 | 25.2 | 31.4      | 18.8 | 54.3 | 77.3  | 39.9 | 97.9 | 7.1  | 3.5  | 154.6   | 2.4   | 4.9  | 0.9 | 93.3  | 0.0  | 0.1   |
| 28-08-2019 | 24.9 | 32.6      | 17.2 | 58.8 | 91.3  | 36.4 | 97.8 | 11.6 | 7.6  | 256.2   | 3.2   | 6.0  | 1.1 | 90.9  | 0.0  | 3.8   |
| 29-08-2019 | 26.6 | 34.8      | 19.0 | 50.7 | 82.8  | 32.4 | 97.6 | 12.4 | 8.6  | 273.6   | 3.8   | 5.5  | 1.3 | 87.3  | 0.0  | 4.5   |
| 30-08-2019 | 28.2 | 36.2      | 20.0 | 51.3 | 80.1  | 32.6 | 97.4 | 12.5 | 8.6  | 276.7   | 3.8   | 5.4  | 1.1 | 75.7  | 0.0  | 4.5   |
| 31-08-2019 | 28.9 | 39.0      | 21.9 | 55.0 | 93.3  | 27.1 | 97.3 | 12.4 | 8.2  | 271.6   | 4.6   | 6.8  | 1.7 | 67.3  | 4.6  | 3.1   |
| 01-09-2019 | 23.2 | 31.5      | 19.2 | 82.5 | 100.0 | 50.2 | 97.4 | 10.1 | 6.5  | 216.2   | 2.7   | 6.8  | 1.1 | 152.3 | 2.5  | 1.5   |
| 02-09-2019 | 23.7 | 31.3      | 18.8 | 85.8 | 100.0 | 57.9 | 97.4 | 10.0 | 7.3  | 211.7   | 2.4   | 4.6  | 0.8 | 117.2 | 0.3  | 1.4   |
| 03-09-2019 | 25.2 | 36.7      | 20.0 | 80.5 | 100.0 | 38.7 | 97.5 | 10.6 | 7.3  | 228.8   | 2.7   | 6.8  | 0.5 | 242.8 | 0.0  | 1.9   |
| 04-09-2019 | 27.1 | 36.1      | 19.5 | 73.2 | 100.0 | 39.7 | 97.7 | 13.7 | 10.1 | 291.8   | 3.6   | 5.5  | 1.0 | 171.4 | 0.0  | 4.0   |
| 05-09-2019 | 26.7 | 34.8      | 20.7 | 64.5 | 83.9  | 41.6 | 97.8 | 14.3 | 10.0 | 316.5   | 4.9   | 9.1  | 2.4 | 135.4 | 0.0  | 4.5   |
| 06-09-2019 | 26.8 | 36.8      | 18.0 | 56.1 | 83.0  | 27.4 | 97.7 | 15.0 | 10.5 | 331.6   | 5.1   | 6.6  | 1.9 | 93.1  | 0.0  | 5.0   |
| 07-09-2019 | 29.4 | 38.0      | 22.3 | 53.3 | 76.6  | 29.1 | 97.7 | 15.2 | 10.4 | 335.4   | 6.0   | 8.3  | 2.6 | 77.6  | 0.0  | 5.2   |
| 08-09-2019 | 31.0 | 38.0      | 23.8 | 47.2 | 72.4  | 31.9 | 97.8 | 15.5 | 11.1 | 342.1   | 5.1   | 5.8  | 1.7 | 70.3  | 0.0  | 5.4   |
| 09-09-2019 | 31.3 | 38.7      | 24.7 | 43.9 | 67.0  | 28.2 | 97.5 | 15.6 | 10.6 | 340.2   | 5.8   | 7.3  | 2.1 | 67.7  | 0.0  | 5.4   |
| 10-09-2019 | 31.5 | 40.6      | 24.8 | 42.1 | 63.2  | 22.2 | 97.4 | 15.5 | 10.7 | 335.5   | 5.3   | 5.8  | 1.5 | 60.0  | 0.0  | 5.3   |
| TOTAL      | -    | -         | -    | -    | -     | -    | -    | -    | -    | 21483.5 | 267.3 | -    | -   | -     | 52.3 | 310.3 |
| MEDIA      | 23.6 | 31.7      | 16.9 | 63.5 | 89.5  | 38.3 | 97.8 | 10.9 | 7.5  | 249.8   | 3.1   | 5.8  | 1.3 | 122.9 | 0.6  | 3.6   |
| D.P.       | 3.5  | 4.3       | 3.4  | 10.7 | 8.9   | 11.3 | 0.3  | 2.7  | 2.2  | 59.3    | 1.0   | 1.4  | 0.5 | 73.4  | 2.4  | 1.7   |
| V.MIN.     | 11.5 | 16.3      | 5.1  | 42.1 | 63.2  | 22.2 | 97.1 | 2.1  | -0.7 | 49.3    | 0.8   | 3.3  | 0.3 | 1.7   | 0.0  | 0.0   |
| V.MAX.     | 31.5 | 40.6      | 24.8 | 97.9 | 100.0 | 86.3 | 98.5 | 15.6 | 11.1 | 342.1   | 6.0   | 10.9 | 2.6 | 348.9 | 16.8 | 6.5   |
| D.Ch.      | 10   | D.Ch.Agr. | 2    |      |       |      |      |      |      |         |       |      |     |       |      |       |

D.P.= Desvio Padrão; VAR. = Variância; D.Ch = Dias de Chuva > 0 mm. ; D.Ch.Agr. = Dias de Chuva para agricultura >= 10 mm; V. MIN = Valor Mínimo. V. MAX = Valor Máximo; N = Número de horas de brilho do sol; Eto\_TCA e Eto\_PN-M = Evapotranspiração por Tanque Classe A e por Penman\_Monteith  
 Correio eletrônico irriga.feis@unesp.br; Fonte: <http://clima.feis.unesp.br>

### ANEXO B – Dados climáticos de Ilha Solteira referentes aos dias do ciclo do feijoeiro de inverno do ano de 2020.

| Dia<br>-   | TEMPERATURA<br>°C |        |        | UMIDADE RELATIVA DO AR % |        |        | Pressão<br>Atm<br>kPa | Radiação<br>Global<br>MJ/m2.dia | Radiação<br>Líquida<br>MJ/m2.dia | PAR<br>μmoles/m² | ETo PN-M<br>mm/dia | Velocidade do<br>vento (m/s)<br>Máxima | Velocidade do<br>vento (m/s)<br>Média | Direção<br>vento<br>° | Chuva<br>mm | Insolação<br>h/dia |
|------------|-------------------|--------|--------|--------------------------|--------|--------|-----------------------|---------------------------------|----------------------------------|------------------|--------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|-------------|--------------------|
|            | Média             | Máxima | Mínima | Média                    | Máxima | Mínima |                       |                                 |                                  |                  |                    |                                        |                                       |                       |             |                    |
| 12-06-2020 | 27.2              | 34.8   | 20.8   | 54.3                     | 79.1   | 33.6   | 97.5                  | 12.2                            | 6.4                              | 258.6            | 3.2                | 4.4                                    | 1.1                                   | 47.2                  | 0.0         | 6.5                |
| 13-06-2020 | 25.9              | 35.6   | 18.0   | 61.0                     | 91.1   | 31.3   | 97.7                  | 11.1                            | 5.9                              | 237.7            | 2.4                | 3.7                                    | 0.5                                   | 325.2                 | 0.0         | 5.5                |
| 14-06-2020 | 25.1              | 34.2   | 16.9   | 66.4                     | 100.0  | 35.3   | 97.9                  | 10.3                            | 5.0                              | 217.8            | 2.7                | 6.1                                    | 1.0                                   | 122.8                 | 0.0         | 4.7                |
| 15-06-2020 | 24.4              | 32.0   | 17.2   | 63.0                     | 89.6   | 38.4   | 98.1                  | 12.1                            | 5.9                              | 253.2            | 3.7                | 6.5                                    | 2.0                                   | 109.0                 | 0.0         | 6.4                |
| 16-06-2020 | 24.7              | 31.4   | 19.1   | 59.9                     | 79.7   | 40.4   | 98.1                  | 12.3                            | 5.9                              | 258.6            | 3.5                | 6.5                                    | 1.8                                   | 90.6                  | 0.0         | 6.6                |
| 17-06-2020 | 24.3              | 31.1   | 19.4   | 66.8                     | 86.8   | 44.8   | 97.9                  | 11.8                            | 5.8                              | 249.8            | 3.3                | 6.0                                    | 1.9                                   | 78.3                  | 0.0         | 6.2                |
| 18-06-2020 | 24.1              | 31.2   | 18.8   | 66.3                     | 88.5   | 44.0   | 97.8                  | 11.8                            | 5.6                              | 248.5            | 3.1                | 6.7                                    | 1.5                                   | 62.0                  | 0.0         | 6.1                |
| 19-06-2020 | 24.3              | 32.3   | 19.0   | 66.8                     | 88.5   | 40.8   | 97.8                  | 11.2                            | 6.0                              | 233.6            | 2.7                | 5.4                                    | 1.0                                   | 63.7                  | 0.0         | 5.5                |
| 20-06-2020 | 24.2              | 32.8   | 16.5   | 62.9                     | 97.4   | 32.1   | 97.9                  | 12.5                            | 6.6                              | 259.2            | 2.7                | 4.9                                    | 0.8                                   | 67.4                  | 0.0         | 6.8                |
| 21-06-2020 | 25.4              | 33.2   | 17.9   | 59.1                     | 90.1   | 32.4   | 97.8                  | 12.1                            | 6.2                              | 253.0            | 3.1                | 5.5                                    | 1.2                                   | 63.7                  | 0.0         | 6.5                |
| 22-06-2020 | 24.1              | 32.4   | 16.9   | 58.7                     | 89.3   | 33.9   | 97.8                  | 12.5                            | 6.6                              | 257.6            | 2.8                | 5.8                                    | 0.9                                   | 65.0                  | 0.0         | 6.8                |
| 23-06-2020 | 23.6              | 31.9   | 17.5   | 54.2                     | 81.1   | 28.7   | 97.5                  | 11.4                            | 4.5                              | 225.9            | 3.2                | 4.6                                    | 1.3                                   | 77.7                  | 0.0         | 5.7                |
| 24-06-2020 | 25.1              | 32.9   | 17.5   | 56.1                     | 77.4   | 34.1   | 97.4                  | 12.0                            | 5.6                              | 246.6            | 3.5                | 5.8                                    | 1.5                                   | 55.7                  | 0.0         | 6.3                |
| 25-06-2020 | 26.4              | 34.8   | 19.7   | 60.3                     | 84.9   | 35.7   | 97.5                  | 11.8                            | 6.4                              | 248.9            | 3.4                | 5.9                                    | 1.3                                   | 25.7                  | 0.0         | 6.2                |
| 26-06-2020 | 24.9              | 32.2   | 18.9   | 74.2                     | 99.5   | 47.2   | 97.5                  | 9.9                             | 5.6                              | 209.6            | 2.3                | 5.5                                    | 0.8                                   | 83.7                  | 0.0         | 4.3                |
| 27-06-2020 | 19.2              | 23.3   | 17.2   | 96.2                     | 100.0  | 81.4   | 97.6                  | 2.3                             | 0.2                              | 49.7             | 0.9                | 6.8                                    | 0.9                                   | 159.0                 | 20.3        | 0.0                |
| 28-06-2020 | 19.8              | 23.7   | 18.1   | 93.0                     | 100.0  | 76.9   | 97.9                  | 4.4                             | 1.9                              | 93.9             | 1.2                | 4.5                                    | 0.8                                   | 126.9                 | 1.0         | 0.0                |
| 29-06-2020 | 21.4              | 29.4   | 14.6   | 77.1                     | 96.5   | 53.7   | 97.7                  | 11.0                            | 6.1                              | 229.3            | 2.5                | 5.1                                    | 1.3                                   | 97.1                  | 0.0         | 5.4                |
| 30-06-2020 | 24.7              | 31.9   | 19.3   | 65.3                     | 90.0   | 39.8   | 97.3                  | 12.1                            | 7.5                              | 258.3            | 3.4                | 6.9                                    | 1.8                                   | 31.1                  | 0.0         | 5.0                |
| 01-07-2020 | 19.0              | 24.4   | 12.0   | 67.4                     | 93.2   | 41.5   | 97.5                  | 9.4                             | 4.9                              | 198.0            | 2.2                | 6.9                                    | 1.2                                   | 233.4                 | 1.0         | 2.2                |
| 02-07-2020 | 15.9              | 24.3   | 8.2    | 68.1                     | 100.0  | 33.2   | 97.7                  | 11.7                            | 6.4                              | 243.5            | 1.8                | 3.5                                    | 0.4                                   | 232.7                 | 0.0         | 4.5                |
| 03-07-2020 | 17.8              | 25.1   | 10.7   | 63.1                     | 90.7   | 29.1   | 97.8                  | 12.4                            | 7.2                              | 261.6            | 2.1                | 4.4                                    | 0.6                                   | 265.7                 | 0.0         | 5.3                |
| 04-07-2020 | 21.9              | 31.0   | 12.3   | 57.9                     | 90.1   | 38.0   | 97.6                  | 12.3                            | 7.2                              | 258.5            | 2.8                | 4.6                                    | 1.0                                   | 101.1                 | 0.0         | 5.2                |
| 05-07-2020 | 25.4              | 34.0   | 17.9   | 55.7                     | 82.6   | 30.9   | 97.6                  | 11.6                            | 7.1                              | 243.9            | 2.9                | 5.1                                    | 0.9                                   | 54.2                  | 0.0         | 4.5                |
| 06-07-2020 | 26.2              | 34.8   | 20.0   | 58.9                     | 81.0   | 34.8   | 97.5                  | 12.2                            | 7.0                              | 257.9            | 3.4                | 5.6                                    | 1.3                                   | 49.2                  | 0.0         | 5.1                |
| 07-07-2020 | 25.7              | 33.3   | 18.4   | 54.1                     | 86.0   | 32.1   | 97.4                  | 12.5                            | 6.8                              | 261.1            | 3.5                | 7.0                                    | 1.5                                   | 61.4                  | 0.0         | 5.5                |
| 08-07-2020 | 22.9              | 32.6   | 17.8   | 65.6                     | 90.9   | 36.8   | 97.4                  | 11.0                            | 6.3                              | 231.9            | 3.1                | 6.7                                    | 1.3                                   | 254.7                 | 0.0         | 3.9                |
| 09-07-2020 | 16.9              | 22.4   | 14.5   | 85.0                     | 95.3   | 63.1   | 98.1                  | 7.8                             | 4.7                              | 160.5            | 1.6                | 4.6                                    | 0.8                                   | 224.0                 | 0.0         | 0.6                |
| 10-07-2020 | 21.5              | 31.6   | 12.8   | 71.5                     | 99.9   | 42.3   | 97.7                  | 12.5                            | 7.6                              | 258.7            | 2.4                | 4.5                                    | 0.6                                   | 65.7                  | 0.0         | 5.4                |
| 11-07-2020 | 25.0              | 33.0   | 19.3   | 56.6                     | 83.2   | 30.6   | 97.6                  | 12.1                            | 6.3                              | 248.4            | 3.2                | 5.3                                    | 1.2                                   | 52.8                  | 0.0         | 5.0                |
| 12-07-2020 | 25.2              | 34.6   | 18.0   | 61.4                     | 89.6   | 35.1   | 97.5                  | 12.1                            | 7.2                              | 251.5            | 2.8                | 4.2                                    | 0.8                                   | 16.5                  | 0.0         | 5.0                |
| 13-07-2020 | 25.6              | 34.5   | 18.4   | 66.3                     | 96.0   | 37.6   | 97.6                  | 11.7                            | 7.3                              | 246.1            | 2.3                | 3.9                                    | 0.3                                   | 6.5                   | 0.0         | 4.7                |
| 14-07-2020 | 25.4              | 34.6   | 18.1   | 69.5                     | 98.0   | 35.1   | 97.7                  | 13.3                            | 8.5                              | 273.7            | 2.8                | 3.9                                    | 0.6                                   | 266.4                 | 0.0         | 6.2                |
| 15-07-2020 | 26.0              | 35.3   | 19.3   | 68.4                     | 95.0   | 31.9   | 97.7                  | 12.7                            | 7.1                              | 261.4            | 3.5                | 5.9                                    | 1.3                                   | 118.6                 | 0.0         | 5.7                |
| 16-07-2020 | 24.8              | 33.3   | 17.7   | 59.6                     | 85.2   | 32.6   | 97.8                  | 12.7                            | 6.9                              | 258.0            | 3.3                | 5.5                                    | 1.2                                   | 95.5                  | 0.0         | 5.7                |
| 17-07-2020 | 25.5              | 33.2   | 19.4   | 53.8                     | 85.2   | 29.6   | 97.8                  | 12.9                            | 7.1                              | 263.1            | 3.2                | 5.0                                    | 1.0                                   | 67.4                  | 0.0         | 5.9                |
| 18-07-2020 | 24.9              | 33.1   | 17.6   | 51.8                     | 72.2   | 26.7   | 97.8                  | 13.3                            | 7.1                              | 270.3            | 3.7                | 7.2                                    | 1.4                                   | 67.7                  | 0.0         | 6.3                |
| 19-07-2020 | 23.8              | 30.4   | 19.0   | 54.6                     | 76.5   | 31.5   | 97.8                  | 13.5                            | 6.7                              | 273.2            | 3.6                | 6.1                                    | 1.5                                   | 72.0                  | 0.0         | 6.5                |
| 20-07-2020 | 24.0              | 31.9   | 16.8   | 54.6                     | 76.3   | 35.2   | 97.8                  | 13.3                            | 6.6                              | 268.1            | 3.5                | 5.1                                    | 1.4                                   | 75.9                  | 0.0         | 6.3                |
| 21-07-2020 | 24.2              | 32.4   | 16.9   | 56.5                     | 87.5   | 32.5   | 97.7                  | 13.7                            | 7.4                              | 278.0            | 3.2                | 5.8                                    | 1.1                                   | 63.1                  | 0.0         | 6.8                |
| 22-07-2020 | 23.4              | 33.2   | 14.0   | 63.3                     | 99.2   | 32.4   | 97.6                  | 13.7                            | 7.6                              | 277.5            | 2.8                | 4.3                                    | 0.6                                   | 88.4                  | 0.0         | 6.7                |
| 23-07-2020 | 24.1              | 33.0   | 15.4   | 60.1                     | 96.7   | 31.4   | 97.6                  | 13.6                            | 7.5                              | 277.0            | 2.8                | 4.0                                    | 0.6                                   | 66.6                  | 0.0         | 6.7                |
| 24-07-2020 | 24.3              | 33.1   | 17.2   | 53.3                     | 84.0   | 28.7   | 97.6                  | 13.8                            | 6.6                              | 278.7            | 3.2                | 6.0                                    | 1.0                                   | 56.1                  | 0.0         | 6.9                |
| 25-07-2020 | 22.8              | 31.2   | 16.3   | 62.5                     | 87.5   | 38.8   | 97.9                  | 13.6                            | 6.0                              | 276.7            | 3.3                | 4.9                                    | 1.3                                   | 247.3                 | 0.0         | 6.7                |

|            |      |           |      |      |       |      |      |      |      |         |       |     |     |       |      |       |
|------------|------|-----------|------|------|-------|------|------|------|------|---------|-------|-----|-----|-------|------|-------|
| 26-07-2020 | 21.5 | 32.3      | 13.0 | 70.6 | 98.4  | 33.2 | 97.9 | 13.6 | 6.4  | 271.5   | 2.6   | 4.4 | 0.6 | 53.0  | 0.0  | 6.7   |
| 27-07-2020 | 24.5 | 33.5      | 15.6 | 58.9 | 96.3  | 30.7 | 97.7 | 13.9 | 6.8  | 281.3   | 3.5   | 6.1 | 1.2 | 65.7  | 0.0  | 7.0   |
| 28-07-2020 | 25.8 | 35.3      | 18.2 | 54.8 | 87.6  | 28.9 | 97.7 | 13.2 | 6.6  | 268.8   | 3.2   | 5.7 | 0.8 | 6.3   | 0.0  | 6.3   |
| 29-07-2020 | 23.4 | 31.1      | 17.0 | 73.6 | 97.4  | 43.1 | 97.8 | 13.1 | 6.5  | 265.1   | 3.0   | 5.0 | 1.1 | 244.8 | 0.0  | 6.2   |
| 30-07-2020 | 21.6 | 29.0      | 13.8 | 72.0 | 100.0 | 47.7 | 98.0 | 12.8 | 5.8  | 255.6   | 2.7   | 5.9 | 1.1 | 144.6 | 0.0  | 5.8   |
| 31-07-2020 | 23.2 | 32.3      | 17.3 | 63.7 | 83.0  | 40.2 | 98.1 | 12.3 | 5.8  | 247.5   | 3.1   | 5.5 | 1.1 | 127.2 | 0.0  | 4.2   |
| 01-08-2020 | 24.3 | 32.5      | 17.5 | 59.2 | 86.3  | 37.6 | 98.1 | 13.0 | 6.3  | 265.3   | 3.8   | 5.9 | 1.8 | 113.2 | 0.0  | 4.7   |
| 02-08-2020 | 23.8 | 32.6      | 15.7 | 53.9 | 80.7  | 32.9 | 98.2 | 14.3 | 6.1  | 286.4   | 3.8   | 9.1 | 1.4 | 129.3 | 0.0  | 5.8   |
| 03-08-2020 | 23.8 | 31.5      | 16.9 | 47.5 | 75.0  | 28.7 | 98.3 | 14.5 | 6.1  | 289.6   | 3.9   | 5.6 | 1.5 | 105.2 | 0.0  | 6.0   |
| 04-08-2020 | 23.5 | 30.9      | 16.1 | 44.9 | 65.4  | 27.8 | 98.3 | 14.8 | 6.4  | 293.3   | 3.9   | 6.6 | 1.5 | 80.9  | 0.0  | 6.2   |
| 05-08-2020 | 23.5 | 31.5      | 16.1 | 43.8 | 66.5  | 25.1 | 98.2 | 15.1 | 6.6  | 297.3   | 3.8   | 6.8 | 1.3 | 81.4  | 0.0  | 6.4   |
| 06-08-2020 | 23.7 | 31.6      | 15.3 | 46.7 | 71.4  | 29.2 | 98.2 | 15.0 | 6.6  | 298.1   | 3.8   | 5.7 | 1.3 | 85.8  | 0.0  | 6.4   |
| 07-08-2020 | 22.7 | 31.6      | 14.0 | 48.9 | 77.0  | 24.4 | 98.2 | 15.0 | 6.9  | 299.4   | 3.4   | 5.2 | 1.0 | 71.5  | 0.0  | 6.4   |
| 08-08-2020 | 22.9 | 32.2      | 13.6 | 55.2 | 89.2  | 28.8 | 98.1 | 15.0 | 7.4  | 302.4   | 3.2   | 5.4 | 0.8 | 69.6  | 0.0  | 6.4   |
| 09-08-2020 | 24.1 | 32.7      | 14.9 | 53.7 | 96.9  | 25.5 | 98.0 | 15.0 | 7.3  | 300.2   | 3.2   | 5.5 | 0.8 | 51.8  | 0.0  | 6.4   |
| 10-08-2020 | 24.7 | 33.7      | 15.9 | 53.1 | 88.0  | 28.7 | 97.6 | 15.1 | 7.4  | 303.1   | 3.7   | 5.4 | 1.1 | 62.1  | 0.0  | 6.5   |
| 11-08-2020 | 25.8 | 35.2      | 17.9 | 51.3 | 81.3  | 27.2 | 97.5 | 12.9 | 5.9  | 257.9   | 3.6   | 5.3 | 1.1 | 58.1  | 0.0  | 4.7   |
| 12-08-2020 | 26.7 | 35.6      | 17.3 | 50.2 | 89.0  | 26.0 | 97.2 | 13.3 | 6.3  | 264.5   | 3.9   | 7.1 | 1.3 | 39.1  | 0.0  | 5.1   |
| 13-08-2020 | 28.2 | 37.2      | 18.8 | 47.6 | 84.8  | 25.8 | 97.2 | 13.9 | 7.1  | 280.1   | 4.0   | 5.5 | 1.2 | 29.0  | 0.0  | 5.5   |
| 14-08-2020 | 29.7 | 37.6      | 22.8 | 43.8 | 62.8  | 26.7 | 97.1 | 14.6 | 7.5  | 295.3   | 4.7   | 6.4 | 1.6 | 36.8  | 0.0  | 6.1   |
| 15-08-2020 | 30.3 | 39.0      | 23.0 | 42.5 | 64.3  | 23.9 | 96.9 | 14.3 | 7.2  | 291.8   | 4.6   | 5.8 | 1.4 | 19.4  | 0.0  | 5.9   |
| 16-08-2020 | 24.8 | 29.7      | 20.8 | 65.2 | 82.3  | 42.2 | 97.3 | 8.1  | 2.6  | 153.6   | 3.3   | 7.0 | 2.1 | 145.2 | 0.0  | 0.9   |
| 17-08-2020 | 23.9 | 32.5      | 20.5 | 71.6 | 84.9  | 43.8 | 97.4 | 10.1 | 4.8  | 200.1   | 3.6   | 8.0 | 2.0 | 121.6 | 0.0  | 2.5   |
| 18-08-2020 | 26.3 | 35.6      | 19.4 | 63.8 | 88.1  | 35.4 | 97.1 | 13.9 | 7.3  | 273.9   | 3.8   | 5.7 | 1.2 | 93.1  | 0.0  | 5.5   |
| 19-08-2020 | 24.1 | 32.5      | 19.3 | 72.3 | 94.8  | 46.3 | 97.2 | 13.6 | 6.7  | 269.0   | 3.4   | 7.2 | 1.3 | 209.1 | 0.0  | 5.3   |
| 20-08-2020 | 19.3 | 26.3      | 14.9 | 72.0 | 90.6  | 46.4 | 98.0 | 11.0 | 5.2  | 214.3   | 2.9   | 7.6 | 1.7 | 200.2 | 0.0  | 3.2   |
| 21-08-2020 | 12.3 | 15.3      | 10.7 | 94.0 | 100.0 | 83.0 | 98.3 | 1.7  | -0.5 | 38.6    | 0.8   | 6.4 | 1.2 | 220.8 | 1.0  | 0.0   |
| 22-08-2020 | 15.9 | 23.4      | 10.2 | 73.8 | 100.0 | 45.7 | 98.2 | 15.2 | 8.7  | 299.8   | 2.9   | 6.7 | 1.4 | 131.6 | 0.3  | 6.6   |
| 23-08-2020 | 20.5 | 29.4      | 13.1 | 62.0 | 86.3  | 35.7 | 97.9 | 16.0 | 8.3  | 327.9   | 4.3   | 6.8 | 2.3 | 136.1 | 0.0  | 7.3   |
| 24-08-2020 | 23.4 | 32.3      | 16.1 | 55.6 | 75.4  | 39.5 | 97.7 | 15.2 | 7.9  | 311.5   | 4.6   | 6.1 | 2.2 | 119.1 | 0.0  | 6.7   |
| 25-08-2020 | 24.3 | 33.7      | 16.6 | 44.1 | 69.4  | 23.3 | 97.6 | 15.8 | 7.3  | 320.6   | 5.6   | 7.5 | 2.4 | 123.2 | 0.0  | 7.2   |
| 26-08-2020 | 23.9 | 34.6      | 15.7 | 40.9 | 68.7  | 15.8 | 97.6 | 16.8 | 7.5  | 332.2   | 5.3   | 5.9 | 1.8 | 105.7 | 0.0  | 8.0   |
| 27-08-2020 | 25.0 | 36.1      | 13.0 | 36.4 | 72.2  | 14.1 | 97.6 | 17.4 | 7.5  | 337.7   | 4.6   | 5.3 | 1.2 | 99.8  | 0.0  | 8.5   |
| 28-08-2020 | 25.6 | 36.2      | 14.7 | 42.5 | 78.3  | 20.7 | 97.5 | 16.9 | 8.6  | 335.0   | 4.1   | 5.5 | 0.9 | 57.6  | 0.0  | 8.2   |
| 29-08-2020 | 26.8 | 36.2      | 15.8 | 47.6 | 92.0  | 23.7 | 97.3 | 17.0 | 9.0  | 338.1   | 4.2   | 6.2 | 1.0 | 67.3  | 0.0  | 8.2   |
| 30-08-2020 | 28.7 | 39.8      | 17.2 | 43.6 | 89.2  | 19.2 | 97.3 | 16.7 | 8.7  | 332.3   | 4.5   | 5.9 | 1.0 | 53.7  | 0.0  | 8.0   |
| 31-08-2020 | 28.5 | 38.8      | 17.1 | 45.0 | 90.3  | 21.3 | 97.6 | 16.6 | 8.4  | 326.7   | 4.7   | 5.3 | 1.2 | 87.3  | 0.0  | 6.0   |
| 01-09-2020 | 29.0 | 37.7      | 20.5 | 49.6 | 82.4  | 23.8 | 97.7 | 16.7 | 8.2  | 331.4   | 5.7   | 6.9 | 2.1 | 112.1 | 0.0  | 6.1   |
| 02-09-2020 | 28.5 | 36.4      | 21.4 | 48.6 | 80.0  | 26.4 | 97.5 | 16.6 | 8.4  | 327.7   | 5.6   | 7.2 | 2.2 | 92.3  | 0.0  | 6.1   |
| 03-09-2020 | 29.3 | 37.8      | 20.7 | 40.5 | 70.7  | 22.7 | 97.4 | 16.6 | 8.0  | 327.5   | 5.2   | 7.8 | 1.6 | 72.0  | 0.0  | 6.1   |
| 04-09-2020 | 29.7 | 38.4      | 19.5 | 40.0 | 78.6  | 22.7 | 97.5 | 16.8 | 8.5  | 334.2   | 5.1   | 6.5 | 1.5 | 67.9  | 0.0  | 6.2   |
| TOTAL      | -    | -         | -    | -    | -     | -    | -    | -    | -    | 22313.7 | 286.2 | -   | -   | -     | 23.6 | 475.1 |
| MEDIA      | 24.1 | 32.4      | 16.9 | 59.4 | 86.4  | 34.9 | 97.7 | 12.9 | 6.5  | 262.5   | 3.4   | 5.8 | 1.2 | 101.7 | 0.3  | 5.6   |
| D.P.       | 3.1  | 4.0       | 2.8  | 12.0 | 9.6   | 12.1 | 0.3  | 2.8  | 1.6  | 53.9    | 1.0   | 1.1 | 0.4 | 67.0  | 2.2  | 1.7   |
| V.MIN.     | 12.3 | 15.3      | 8.2  | 36.4 | 62.8  | 14.1 | 96.9 | 1.7  | -0.5 | 38.6    | 0.8   | 3.5 | 0.3 | 6.3   | 0.0  | 0.0   |
| V.MAX.     | 30.3 | 39.8      | 23.0 | 96.2 | 100.0 | 83.0 | 98.3 | 17.4 | 9.0  | 338.1   | 5.7   | 9.1 | 2.4 | 325.2 | 20.3 | 8.5   |
| D.Ch.      | 5    | D.Ch.Agr. | 1    |      |       |      |      |      |      |         |       |     |     |       |      |       |

D.P.= Desvio Padrão; VAR. = Variância; D.Ch = Dias de Chuva > 0 mm. ; D.Ch.Agr. = Dias de Chuva para agricultura >= 10 mm; V.MIN = Valor Mínimo. V. MAX = Valor Máximo; N = Número de horas de brilho do sol; Eto\_TCA e Eto\_PN-M = Evapotranspiração por Tanque Classe A e por Penman\_Monteith

Correio eletrônico irriga.feis@unesp.br; Fonte: <http://clima.feis.unesp.br>