

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CÂMPUS DOIS VIZINHOS  
CURSO DE AGRONOMIA

RODRIGO JUNIOR SCHNEIDER

**NODULAÇÃO E PRODUTIVIDADE DA SOJA EM RESPOSTA AO  
USO DE *Bradyrhizobium japonicum* E *Azospirillum brasilense***

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

DOIS VIZINHOS

2015

RODRIGO JUNIOR SCHNEIDER

**NODULAÇÃO E PRODUTIVIDADE DA SOJA EM RESPOSTA AO  
USO DE *Bradyrhizobium japonicum* E *Azospirillum brasilense***

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de conclusão de curso II, do Curso Superior de Agronomia - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná- UTFPR.

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Laércio R. Sartor

DOIS VIZINHOS

2015



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

NODULAÇÃO E PRODUTIVIDADE DA SOJA EM RESPOSTA AO USO DE  
*Bradyrhizobium japonicum* E *Azospirillum brasilense*

por

RODRIGO JUNIOR SCHNEIDER

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC 2) foi apresentado em 20 de Novembro de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Dr. Laércio Ricardo Sartor  
Prof.(a) Orientador(a)

---

Prof. Dr. Lucas da Silva Domingues  
Membro titular

---

Prof. Dr. Angélica Signor Mendes  
Responsável pelos Trabalhos  
de Conclusão de Curso

---

Dr. Vitor Cauduro Girardello  
Membro titular

---

Prof. Dr. Laércio Ricardo Sartor  
Coordenador do Curso  
UTFPR – Dois Vizinhos

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus, que me agraciou com mais esta conquista, por diariamente me dar forças e sempre guiar o meu caminho.

Agradeço a minha mãe, Rosângela Silveira Brum Schneider e a meu pai, Gaspar Luiz Schneider, que batalharam a vida inteira para me dar as oportunidades que não tiveram, as condições para estudar e ser alguém, por sempre confiar e me incentivar por todo caminho que andei e por me amar incondicionalmente.

Agradeço aos meus demais familiares e amigos pelo apoio, em especial a meu Tio, Gilmar Schneider e sua família, por ser meu lar fora de casa, pela confiança, amor e carinho que a mim dedicaram, ao meu grande amigo seu Luiz Laguczeski e sua família, por me acolherem como a um filho, aos meus amigos de Roraima, por sempre me apoiar e acreditar no meu potencial, aos meus amigos de longa data que modificaram meu modo de ver a vida, aos amigos de hoje que me apoiam e me dedicam seu tempo, carinho e amizade.

A instituição UFRR, a qual iniciei minha graduação em Agronomia, pelo apoio em minha formação, a UTFPR - DV e seus professores por me proporcionarem além de conhecimento técnico, apoio das mais diversas formas, fica minha gratidão.

A meu amigo e orientador Professor Dr. Laércio Ricardo Sartor pela amizade, ajuda, dedicação e compreensão.

## RESUMO

SCHNEIDER, R. J. **Nodulação e produtividade da Soja em resposta ao uso de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense***. Trabalho de conclusão de Curso 2. Dois Vizinhos – UTFPR, p. 41, 2015.

A grande importância da cultura da soja deve-se aos seus diversificados usos, tanto para alimentação humana quanto animal. No Brasil a soja já está amplamente difundida e adaptada, sendo cultivada em todo território nacional. Com a crescente demanda por esta *commodity* e sua comercialização, torna-se necessário produzir com maior eficiência, buscando altas produtividades, tornando-se mais competitivo no mercado, desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a associação entre as bactérias do gênero *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* e o uso de Nitrogênio (N) foliar no crescimento e produtividade da soja, sob sistema de integração lavoura-pecuária. O experimento foi conduzido na UTFPR Câmpus Dois vizinhos, localizada a 25°42' S, e 53°06' W, com altitude média de 520 m; implantado em dezembro de 2014, com os tratamentos em esquema fatorial 2x3x2 no delineamento de blocos ao acaso com três repetições, se tratando de um experimento com parcelas subdivididas, onde o fator A, foi o uso ou não de ervilhaca em consórcio com aveia e azevém antecedendo a soja; Fator B, refere-se ao uso de inoculação com *B. japonicum*; coinoculado (*B. japonicum* + *A. brasilense*) e controle, sem inoculante e o fator C, a aplicação ou não de N foliar na concentração de 33% em estágio de plena floração (R2). Sendo avaliado a fenologia da planta e componentes de produtividade de grãos de soja. A coinoculação assim como a aplicação de N foliar não apresentaram diferença para o crescimento de plantas e produtividade de grãos, enquanto que, a soja subsequente ao consorcio com ervilhaca apresentou redução para a produtividade de grãos.

**Palavras-chave:** Coinoculação; Nitrogênio foliar; Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN).

## ABSTRACT

SCHNEIDER, R. J. **Nodulation and productivity of soybean in response to the use of *Bradyrhizobium japonicum* and *Azospirillum brasilense***. Job Completion Course 2. Two Neighbors - UTFPR, p. 39, 2015.

The great importance of the soybean crop is due to its diverse uses, both as food and feed. In Brazil, soybean is already widespread and adapted, being cultivated throughout the country. With the growing demand for this commodity and marketing, it is necessary to produce more efficiently, seeking high yields, making it more competitive in the market. This study aimed to evaluate the association between bacteria called *Bradyrhizobium japonicum* and *Azospirillum brasilense* and the use of Nitrogen (N) leaf development and soybean yield under crop-livestock integration system, given the fact that, with the use efficient N, can achieve high yields at lower costs. The experiment was conducted at UTFPR campus Two Neighbors, located at 25 ° 42 'S and 53 ° 06' W, with an average altitude of 520 m; implemented in December 2014, with treatments in a factorial 2x3x2 designed as a randomized block design with three replications, in the case of an experiment with split plots, where the factor A, was the use or not of vetch intercropped with oats and ryegrass preceding soybean, B refers to the use of *B. japonicum* inoculation; coinoculado (*B. japonicum* + *A. brasilense*) and control, without inoculation, the C factor was whether or not in leaf N concentration of 33% in full bloom stage (R2). Evaluating the plant phenology and soybean productivity components. The coinoculação well as the application of foliar N showed no difference in the development of plants and grain productivity, while the subsequent soybeans to consortium with vetch was reduced to grain productivity.

**Keywords:** Inoculation; Leaf nitrogen; Biological Nitrogen Fixation (BNF).

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	6
2. OBJETIVOS.....	8
2.1 Objetivo geral: .....	8
2.2 Objetivos específicos:.....	8
3. JUSTIFICATIVA.....	9
4. HIPÓTESES .....	10
5. REVISÃO DE LITERATURA.....	11
5.1 Importâncias da inoculação e coinoculação na soja .....	11
5.2 Fatores que afetam a nodulação pelas bactérias.....	13
5.3 FBN, nitrogênio mineral e adubação de nitrogênio foliar.....	16
6. MATERIAL E MÉTODOS .....	18
6.1. Localização e caracterização da área experimental.....	18
6.2. Estabelecimento da cultura da soja.....	19
6.3. Delineamento experimental.....	20
6.4. Aplicação do Inoculante e de N foliar na cultura da soja.....	21
6.5. Avaliações: Nodulação, matéria seca de raiz, matéria seca da parte aérea, tamanho de plantas e produtividade de grãos.....	21
6.6. Análises estatísticas.....	22
7. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	23
8. CONCLUSÕES.....	33
REFERÊNCIAS.....	34
ANEXOS .....	41

## 1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill), apresenta grande relevância socioeconômica, pois desta, podem ser obtidos uma elevada gama de subprodutos contendo um alto teor proteico, que é utilizado na alimentação humana e animal. É uma das commodities mais comercializadas no mundo e produto de maior destaque para a economia nacional, ocupando a maior área já cultivada com uma cultura no país, onde na safra 2014/15 ocupou uma área aproximada de 31,9 milhões de hectares com produção estimada de 96,04 milhões de toneladas. Deste modo esta cultura coloca o Brasil como segundo maior produtor, com média de produtividade de 3.011 kg ha<sup>-1</sup> e com estimativas cada vez maiores de produção (CONAB, 2015).

A soja, mesmo sendo uma cultura exótica no Brasil, já é amplamente adaptada e bem difundida entre os produtores, sendo cultivada no verão e início de outono. Entre temperaturas de 20 a 30°C tem seu ótimo desenvolvimento, sendo sua colheita em média de 80 a 130 dias após a semeadura, com necessidades hídricas de 450 a 800 mm variando conforme cultivar e ciclo (EMBRAPA, 2010).

No crescimento e desenvolvimento da cultura, o elemento exigido em maior quantidade é o nitrogênio (N), pois é componente estrutural da clorofila, de enzimas e proteínas, participando de diversas reações metabólicas na planta. Sua deficiência pode acarretar muitos distúrbios fisiológicos, como a má formação de raízes, menor crescimento foliar, devido a menor taxa fotossintética, e em consequência disto, menor produção e translocação de fotoassimilados resultando assim em diminuição do crescimento e perdas de produtividade (TAIZ e ZIEGER, 2004).

O N é encontrado naturalmente no solo, obtido por meio da decomposição e mineralização da matéria orgânica realizada por microrganismos decompositores, porém, com o elevado nível de extração deste nutriente pelas culturas de alta produtividade, estes tendem a não conseguir suprir as exigências das plantas em N, podendo ser fornecidos então por fertilizantes químicos nitrogenados, fixação do N<sub>2</sub> por descargas elétricas e pela fixação biológica do nitrogênio (FBN), que ocorre pela associação simbiótica de leguminosas com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, as quais tem a capacidade de fixar o N<sub>2</sub> do ar atmosférico (78% da atmosfera é composta por N<sub>2</sub>), transformando em NH<sub>4</sub><sup>+</sup> deixando-o disponível para a planta hospedeira (HUNGRIA et al., 1994).



Este elemento representa o maior custo de adubação, devido á alta exigência das plantas por esse nutriente, seu elevado valor de mercado e pelo pouco aproveitamento das plantas ( $\pm 50\%$ ) de todo N mineral aplicado, devido às perdas por volatilização e lixiviação, elevando assim os custos da cultura, a qual necessita de 240 kg de N absorvidos para obter uma produtividade de 3.000 kg ha<sup>-1</sup>.

Com a FBN, esta necessidade é suprida, tornando a soja autossuficiente neste elemento e garantindo assim menor custo e altas produções, preservando o meio ambiente das contaminações geradas pelo fertilizante químico (HUNGRIA et al., 2005).

No Brasil, a FBN é uma tecnológica de grande sucesso, chegando a ocupar a maior parte das áreas cultivadas com soja no país e comercializando no ano de 2009, aproximadamente 19,8 milhões de doses de inoculante (ANPII, 2013), utilizando principalmente a espécie *Bradyrhizobium japonicum*, possibilitando redução dos fertilizantes nitrogenados, gerando uma economia nacional anual de aproximadamente US\$ 7 bilhões (EMBRAPA, 2015).

Busca-se cada vez mais por alternativas ecologicamente corretas e economicamente viáveis, frente a crescente demanda do mercado pelos produtos derivados da soja. Pesquisadores têm buscado novas estratégias para maximizar a técnica de inoculação, como a aplicação em cobertura e a coinoculação, também denominada de inoculação mista, que consiste na união de diferentes micro-organismos, gerando um efeito sinérgico, superando resultados de forma isolada.

Como exemplo pode-se citar as bactérias promotoras de crescimento *Azospirillum brasilense*, bem como do aumento de rendimento da cultura através de adubos foliares, tornando a commodity mais competitiva no mercado internacional (FERLINI, 2006; BARBARO, 2009).

Neste contexto realizou-se este trabalho a fim de estudar as vantagens e interações da utilização da coinoculação e do uso de N foliar sobre o crescimento e produtividade de grãos de soja, sob consórcio hibernal de Aveia + Azevém contendo a leguminosa ervilhaca.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral:**

Avaliar o efeito da coinoculação de bactérias *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* com aplicação de nitrogênio foliar no desenvolvimento de nódulos e produtividade da cultura da soja.

### **2.2 Objetivos específicos:**

Determinar o número de nódulos da raiz, decorrentes das associações simbióticas das bactérias.

Avaliar a massa de matéria seca de raiz; massa de matéria seca da parte aérea e altura de plantas.

Mensurar a produtividade de grãos da cultura da soja, avaliando além dos três tratamentos de inoculação, a aplicação de N foliar aplicado em cobertura sobre a influência de dois cultivos de inverno, em sistema de cultivo de integração lavoura-pecuária no Câmpus Dois Vizinhos da UTFPR.

### 3. JUSTIFICATIVA

A crescente demanda mundial por derivados da soja faz com que seja necessário aumentar a produtividade e competitividade de mercado. Para tanto, é de extrema importância a utilização de tecnologias alternativas, uso racional dos recursos de produção, como o uso de nitrogênio, elemento essencial e exigido em maiores quantidades pela planta, que por consequência elevam os custos de produção e causa poluição ambiental.

Frente a isso, torna-se necessária a aplicação de novas técnicas, como a coinoculação, que consiste na união das bactérias *B. japonicum* com *Azospirillum brasilense*, bactéria promotora do crescimento vegetal, que melhora as taxas de FBN, e o uso de N foliar em cobertura, maximizando o uso do N, visando alcançar maiores produtividades, permitindo melhor relação custo-produção, com melhor uso das áreas e conservação do meio ambiente.

#### 4. HIPÓTESES

A utilização da coinoculação possibilitará ação sinérgica das bactérias *A. brasilense* com *B. japonicum* que fixam o N<sub>2</sub> atmosférico, promovendo melhor nodulação, maior fixação de N, melhorando o crescimento e produtividade das plantas, que com a suplementação de N via foliar na floração, poderá obter maiores produtividades, pela maior expressão de potencial da soja.

## 5. REVISÃO DE LITERATURA

### 5.1 Importâncias da inoculação e coinoculação na soja

Como um estudo recente, a coinoculação surge como alternativa que visa melhorar a simbiose entre plantas e bactérias, por meio da associação de diferentes bactérias, agindo sobre um mesmo hospedeiro, proporcionando efeitos sinérgicos, permitindo melhor e maior fixação de N (FERLINI, 2006).

Acredita-se que bactérias pertencentes ao gênero *Azospirillum*, muito utilizadas em gramíneas, são capazes de promover o crescimento das plantas por meio de vários processos, incluindo a produção de fitohormônios de crescimento (auxinas, giberelinas, citocininas e etileno) e o aumento da competitividade do rizóbio inoculado, indução de resistência sistêmica a doenças e estresses ambientais, solubilização de fosfato e, também, por realizar FBN (HUNGRIA et al., 2010).

A estimulação da nodulação é verificada posteriormente à inoculação de leguminosas, podendo estar relacionada com o incremento na indução da produção de genes Nod (responsáveis pelo incremento de raízes laterais, densidade e ramificações dos pêlos radiculares). Já existem produtos a base de *A. brasilense* para coinoculação de soja com estirpes de *Bradyrhizobium* tanto na Argentina como na África do Sul e recentemente utilizados no Brasil, visando à obtenção de incrementos na produtividade da cultura (BURDMANN et al., 2000; REIS, 2007).

A utilização de bactérias como *Bacillus*, *Azospirillum* e *Agrobacterium* para a coinoculação com *Bradyrhizobium*, interferem de várias maneiras a relação simbiote com a planta hospedeira (TRIPLETT, 1990). Porém, o que irá regular a infecção, expressão de genes e o aparecimento de nódulos são os sinais moleculares específicos, trocados entre bactérias e planta (TAÍZ e ZEIGER, 2004).

Segundo Cattelan e Hungria (1994) o aparecimento de 15 e 30 nódulos e massa destes entre 100 a 200 mg, seria suficientes para suprir a demanda da planta, a qual necessita de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N para cada tonelada de grãos produzidos, para tanto, faz-se necessário conhecer a concentração dos inoculantes a serem utilizados e a relação que tem com as diferentes cultivares.

Estudos de Campo e Hungria (2013a) publicados nos Anexos da IN SDA 13 (MAPA, 2011), visando avaliar a eficiência das bactérias fixadoras de N e promotoras de crescimento, chegaram a melhor dose para utilização do *Azospirillum* no sulco de semeadura, de  $2,5 \times 10^5$  células/semente de soja, aplicada com volume de calda de  $200 \text{ L ha}^{-1}$ .

A soja é capaz de fixar até  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, representando de 72% a 94% da exigência da cultura, liberando 20 a  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  deste elemento para a cultura seguinte, isso devido á melhoria das técnicas de produção, como o melhoramento genético, a descoberta de microrganismos fixadores de N e pela diminuição dos fatores adversos a simbiose (HUNGRIA et al., 2005).

Vargas et al., (1992) encontraram resultados em trabalho no cerrado, com incremento na produção de soja pela reinoculação de *Bradyrhizobium* que variaram de 80 a  $291 \text{ kg ha}^{-1}$  de grãos, correspondendo de 4 a 14,5% comparado ao controle que produziu  $2.000 \text{ kg ha}^{-1}$ . Corroborando com estes, Nishi e Hungria (1996) observaram no estado do Paraná, também sob plantio convencional, incrementos que variaram de 3,2 a 14,5% no rendimento de grãos de soja e de até 25,0% no teor de proteína dos grãos.

Segundo Hungria et al., (2013b), em experimento na cidade de Londrina/PR na safra de 2009/2010, analisando tratamento inoculado somente com *Bradyrhizobium*, obteve ganhos no rendimento da soja de  $214 \text{ kg ha}^{-1}$  (8,0%), incrementados para  $296 \text{ kg ha}^{-1}$  (11,1%) com *Azospirillum* na dose de  $2,5 \times 10^5$  células/semente em relação ao controle ( $2.663 \text{ kg ha}^{-1}$ ) não inoculado, e de  $475 \text{ kg ha}^{-1}$  (14,1%) em relação ao controle ( $3.360 \text{ kg ha}^{-1}$ ) para safra de 2010/2011. No município de Ponta Grossa/PR, na safra de 2010/2011, a reinoculação anual com *Bradyrhizobium* resultou em incremento de  $278 \text{ kg ha}^{-1}$  (10,7%) e de  $418 \text{ kg ha}^{-1}$  (16,0%) para a coinoculação em relação ao controle ( $2.599 \text{ kg ha}^{-1}$ ), encontrando valores superiores quando em inoculação mista em áreas cultivadas com soja.

As leguminosas podem ser utilizadas como planta de cobertura e adubos verdes, reduzindo a erosão, conservando a água no solo, mantendo o equilíbrio dos sistemas, devido á rápida reciclagem de nutrientes e a FBN, que além de rentável propicia a redução de impactos ambientais gerados pela queima de combustíveis fósseis para produção do fertilizante e contaminação da água, via lixiviação e escoamento de N, disponibilizando o N em maiores níveis para a cultura posterior, reduzindo gastos com adubação (AMADO et al., 2001).

## 5.2 Fatores que afetam a nodulação pelas bactérias

Dentre as bactérias fixadoras de N, a mais utilizada para a cultura da soja tem sido a *Bradyrhizobium japonicum*, que conta com duas estirpes (SEMIA 5079, SEMIA 5080) registradas no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, já a venda no mercado para utilização na cultura da soja e de outras leguminosas. No entanto, casos de insucessos têm sido descritos devido a fatores de natureza biótica e abiótica que afetam o desenvolvimento tanto da planta hospedeira quanto das estirpes utilizadas. Deste modo, torna-se necessário compreender melhor esses fatores visando minimizar os efeitos adversos e maximizar a FBN.

Bactérias do gênero *Bradyrhizobium* possuem a formação de gerações de 7 a 13 horas, sendo este um crescimento lento, são gram negativas, em forma de bastonete, com mobilidade por flagelo polar ou subpolar, com temperatura ótima para seu crescimento de 25 a 30°C (WILLEMS, 2006).

Dentre os fatores abióticos tem-se: a acidez do solo, toxidez do alumínio (limitando o crescimento radicular e nodulação, sendo pH ideal para simbiose entre 6,0 e 7,0), salinidade, baixa fertilidade do solo, disponibilidade de N mineral, deficiência de nutrientes como fósforo, molibdênio e cobalto (precursores das enzimas: nitrogenase e redutase do nitrato, essenciais para o metabolismo do N) e por serem precursores da leghemoglobina (SILVA, 2002; TAIZ e ZIEGER, 2004).

A temperatura adequada para atividade da enzima nitrogenase é de 25°C, porém quando esta diminui para 15°C, há redução na atividade das bactérias simbiontes (ZHANG et al., 1996).

O estresse hídrico reduz o fornecimento de oxigênio para o bacteroide, dificultando a respiração e a síntese de leghemoglobina. O excesso de água no solo afeta as enzimas-chave (redutase e glutamina) na redução do nitrato e assimilação de amônia; a luminosidade, o uso de agrotóxicos, tipo de solo (textura e composição), teor de O<sub>2</sub> e toxinas no nódulo, afetaram diretamente na sobrevivência e nodulação (HUNGRIA e VARGAS, 2000; BENIZRI et al., 2001; TA LIAO e HO LIN, 2001; MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

As características dos inoculantes também são importantes para a sobrevivência dos rizóbios frente às condições ambientais desfavoráveis. O meio turfoso é considerado o veículo mais adequado devido sua capacidade higroscópica,

que mantêm as bactérias protegidas dos danos físicos causados pelas adversidades existentes no solo (JENDIROBA e CÂMARA, 1994).

Fatores abióticos também estão ligados aos diferentes manejos, preparo do solo, adubações químicas ou orgânicas, compactação do solo (diminuindo o potencial do solo em reter água, e pelo menor crescimento das raízes), culturas antecessoras, sistema de plantio direto, que com maior aporte de carbono nos solos aumenta o teor de N orgânico, que quando mineralizado pode ser suficiente para limitar a produção de nódulos, diminuindo a fixação biológica, mas insuficiente para suprir a necessidade da cultura (BIZARRO, 2008).

Condições adversas bióticas também podem ser devido à seleção de cultivares apropriadas (compatível com a estirpe utilizada), presença de antagonistas parasitas do bacteriófago, predação por protozoários e insetos, e da produção de antibióticos por actinomicetos; competição por sítios de ação com populações de bactérias nativas, sobrevivência saprofítica e ativa, capacidade das plantas de liberar exsudatos. Fatores intrínsecos as bactérias também lhes conferem maior sobrevivência, como solubilizar fosfato e ferro, produção de mucilagem (tolerando pH baixo), maior faixa de temperatura para sobrevivência, locomoção no solo, identificação dos sítios de ação, captação dos sinais (flavonoides) emitidos pelas raízes das plantas (BENZRI et al., 2001; COOPER, 2004; MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

As causas de insucesso no uso da FBN estão associadas à capacidade de sobrevivência da bactéria, ao uso de inoculante de baixa qualidade, modo errôneo de aplicação (levando-se mais que 24 horas após as sementes serem inoculadas para semear), a falta de cuidados no tratamento de sementes (não realizado a sombra, mal homogeneizado ou com quantidades insuficientes do inoculante) e as condições do ambiente no momento da aplicação (baixa umidade do solo), efeitos estes acentuados em solos com menor matéria orgânica e inexistente de bactérias noduladoras, sendo responsáveis pela não utilização da inoculação na cultura por parte dos agricultores (CAMPO, HUNGRIA, TEDESCO, 2001).

Usualmente utilizam-se fungicidas e inseticidas para o tratamento de sementes, visando à proteção da cultura ao ataque de patógenos às sementes e às plântulas, as quais, se atacadas, reduz-se o estande de plantas e a produtividade é comprometida. Porém, misturas de fungicidas e tratamentos com Cobalto e Molibdênio não compatíveis com o *Bradyrhizobium*, podem reduzir a sobrevivência



do rizóbio e levar a consequências negativas á nodulação e conseqüentemente a produtividade de grãos, variando conforme o ingrediente ativo utilizado, textura do solo e histórico da área (CÂMARA, 2001; CAMPO, 2009; ZILLI, 2009).

A aplicação de inoculantes via sulco ou em cobertura se faz possível devido às bactérias noduladoras serem atraídas em direção as raízes, em função de uma resposta quimiostática, gerada pela secreção de isoflavonóides e betaínas pelas raízes (TIMMERS et al., 1999).

A inoculação com *Bradyrhizobium* em sulco é uma alternativa compatível ao tratamento de sementes, sendo realizada por semeadoras adaptadas com sistemas de pulverização, que liberam jatos de inoculante dentro do sulco de semeadura no momento do plantio, possuindo capacidade de FBN para alcançar produtividade superior a 3.200 kg ha<sup>-1</sup> de grãos de soja (VIEIRA NETO, 2008).

Contudo, a inoculação no sulco de semeadura tem custos elevados, devido ao valor mais elevado do inoculante, com despesas de maior quantidade de água demandada e adaptação das semeadoras (ZILLI et al., 2010a).

A nodulação na soja pode ser verificada quando a planta encontrasse em estágio fenológico V2, pelo arranque de plantas e visualização da formação de nódulos nas raízes, uma vez constatada a falha da nodulação na lavoura, são adotadas estratégias de forma a contornar este problema, como a utilização de adubação nitrogenada mineral, elevando o custo de produção, ou a realização empírica de inoculação via pulverização em cobertura, mostrando-se este método complementar viável economicamente e compatível com tratamentos de semente (HUNGRIA et al., 2005; ZILLI et al., 2008).

Com esta nova forma de aplicação do inoculante, trabalhos devem ser conduzidos para analisar sua viabilidade frente aos outros métodos de inoculação.

Boonkerd et al. (1985) em estudos na Tailândia, descreve que a aplicação de inoculante até 15 dias após a semeadura, na proporção de 106 células bacterianas por plântula, resultou em nodulação, massa de matéria seca das plantas e rendimento de grãos semelhantes a inoculação padrão em sementes, sendo este método compatível ao tratamento de sementes, evitando aumento do custo pela aplicação de N mineral em cobertura.

Porém, a inoculação em pós-emergência é grandemente afetada pela umidade do solo, sendo sua aplicação dependente de fatores climáticos

(pluviosidade). Contudo, resultados positivos da inoculação junto a tecnologia de irrigação são descrito por Gault et al. (1994), em estudos na Austrália.

### 5.3 FBN, nitrogênio mineral e adubação de nitrogênio foliar

Hungria et al., (2005), avaliando doses de N mineral (Uréia) com até 400 kg ha<sup>-1</sup> na semeadura, no florescimento e parcelados em dez vezes, não encontraram resultados de incremento no rendimento da soja. Voss e Cunha (1996) testando aplicação de 328,5 kg ha<sup>-1</sup> de N, encontraram resultados semelhantes aos anteriores. Os mesmos autores ainda contribuem indagando que a adição de adubos nitrogenados para leguminosa, causa inibição da nitrogenase pela redução de afinidade da leghemoglobina pelo oxigênio, reduzindo a disponibilidade do mesmo para respiração nodular. Além deste fator a adição de Nitrato de potássio (KNO<sub>3</sub>) decresce a atividade da nitrogenase em mais de 50,0%, pois haveria acúmulo de nitrato e nitrito no nódulo, inibindo a fixação de nitrogênio pela menor disponibilidade de energia ao bacteroide.

Trabalhos conduzidos por Zilli et al. (2010b) obtiveram rendimentos de soja com a tecnologia de inoculação de 3.800 kg ha<sup>-1</sup> em 2005 e 3.300 kg ha<sup>-1</sup> em 2006, produtividade de grãos esta, que se assemelha a adubação com 200 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral.

No Brasil a taxa de FBN varia de 109 a 250 kg ha<sup>-1</sup> de N, onde 70,0 a 85,0% destes ficam acumulados na cultura da soja, que exporta 62,5% de N nos grãos e 37,5% em restos culturais, requerendo cerca de 80 Kg ha<sup>-1</sup> de N por tonelada produzida, dispensando o uso de adubação nitrogenada (HUNGRIA et al., 2006).

No entanto, o pico de fixação ocorre nos estádios R1 e R2, tendo considerável redução da FBN após estes, não atendendo aos estágios finais de enchimento de grãos, necessitando de aplicação complementar de N nesta fase para obter a máxima expressão das cultivares (CÂMARA, 2014).

Wesley et al. (1998) em experimentos no Kansas (EUA), relatam incrementos médios de 470 kg ha<sup>-1</sup> de grãos, com aplicações de 20 kg ha<sup>-1</sup> de N,

utilizando N mineral em pré-floração e tardio (estádio R3) sendo viáveis para cultivares altamente produtivas, acima dos 3 700 kg ha<sup>-1</sup> de grãos de soja.

Cabe considerar que, podem ocorrer perdas de N com a utilização de fertilizantes sólidos como Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (Nitrato de Cálcio), KNO<sub>3</sub>, e ureia, pois estão sujeitos à lixiviação e erosão pela água das chuvas e por volatilização, podendo necrosar as folhas em altas concentrações.

Atualmente existem no mercado, fertilizantes foliares de liberação lenta e controlada que atrasam e incrementam ao longo do tempo a disponibilidade inicial dos elementos, mostrando-se como uma alternativa para aumento de produtividade da cultura da soja, sendo mais evidente quando aplicado no início do estágio reprodutivo (R1) para o enchimento de grãos, obtendo máxima eficiência técnica.

Novakowski et al., (2011) encontraram rendimento de 4.915 kg ha<sup>-1</sup> de grãos em concentrações de 22,1 L ha<sup>-1</sup> proporcionando incremento na produtividade de 314 kg ha<sup>-1</sup>. Ferreira et al., (2013), aplicando 3,0 L ha<sup>-1</sup>, observaram produtividade de 2.777 Kg ha<sup>-1</sup>, incrementando 6,0% em relação ao controle (2.626 kg ha<sup>-1</sup>).

Burko et al. (2013) testando o produto comercial Nitamin® (33,0% N), obteve máxima eficiência técnica sobre a produtividade de 3.635 kg ha<sup>-1</sup> com aplicação de 10,3 L ha<sup>-1</sup> (volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>), incrementando 13,8% quando comparado ao controle sem aplicação do produto (3.216 kg ha<sup>-1</sup>).

São necessários mais estudos para esta técnica de aplicação de N complementar via foliar, fazendo uso das novas tecnologias disponíveis, visando melhoria da produtividade com redução dos custos e impactos ambientais.

## 6. MATERIAL E MÉTODOS

### 6.1. Localização e caracterização da área experimental

O presente estudo foi desenvolvido no Câmpus de Dois Vizinhos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). A área experimental está localizada a 25°42' S, e 53°06' W, com altitude média de 520 m. De acordo com a classificação internacional de Köppen, o clima é do tipo Cfa, subtropical, úmido (ALVARES, et al., 2013). A precipitação anual varia de 2000 a 2500 mm (IAPAR, 2007). O solo é classificado como Nitossolo vermelho distroférico (BHERING et al., 2008).

A área experimental possui 7 ha, divididos em três blocos de aproximadamente 2,3 ha cada. Tendo como histórico da área, o cultivo com aveia branca cv. IPR 126 no inverno de 2012 em toda a área, seguido do cultivo de milho para silagem (verão 2012/2013) e posterior pousio (janeiro a maio) até a semeadura de pastagens de inverno do ano de 2013, realizando o cultivo em sistema de integração lavoura-pecuária.

No inverno de 2014 dividiu-se cada bloco em 3 piquetes, onde utilizou-se como pastagens, combinações de aveia + azevém e aveia + azevém + ervilhaca, destinados à alimentação de bovinos (Figura 1). O experimento foi conduzido no período da safra de verão de 2014/2015, semeando-se faixas de soja sobre a cobertura hibernal em cada bloco, totalizando 2,42 ha com soja e no restante sendo utilizada a cultura do milho.

Foram utilizados seis dos nove piquetes, contendo cada piquete uma área de 150 m<sup>2</sup> para a disposição dos tratamentos.



Figura 1. Croqui da área com culturas de inverno. Fonte. Google Maps, 2014.

## 6.2. Estabelecimento da cultura da soja

A cultura da soja foi implantada no dia 05 de Dezembro de 2014, em sistema de semeadura direta. Sendo utilizada a cultivar Nidera 5909 RR, de hábito de crescimento indeterminado e ciclo de 130 dias, com Grau de Maturação (GM) de 5.9, indicada para o zoneamento da região, semeada no espaçamento de 0,5 m na entre linha, utilizando 16,5 sementes por metro linear, objetivando uma densidade final de 300.000 plantas ha<sup>-1</sup>, na profundidade de 3 a 4 cm e velocidade de semeadura de 6 km h<sup>-1</sup>. Para adubação de base utilizou-se 240 kg ha<sup>-1</sup> de NPK na formulação 00-18-18, conforme recomendação de análise de solo (Tabela 1), porem, sem N na fórmula, para que não interfira na FBN.

O manejo fitossanitário seguiu as recomendações oficiais para a cultura da soja da Embrapa Soja (2010).

**Tabela 1: Análise físico-químicas da área de experimento antes da implantação da soja. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2015.**

pH CaCl <sub>2</sub>	MO g dm <sup>-3</sup>	NUTRIENTES					P mg m <sup>-3</sup>	RESISTÊNCIA MECÂNICA DO SOLO	
		Al <sup>3+</sup> ----- Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----	H+Al	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>		0-10 cm ----- kPa-----	10-20 Cm -----
4,66	37,97	0,20	5,48	0,17	4,23	2,76	5,53	1.701	2.751

Fonte: Análise química realizada pelo laboratório de análise de solos UTFPR-PB/ IAPAR; análise de resistência mecânica do solo pelo laboratório de Geoprocessamento UTFPR-DV.

Níveis de precipitação e temperatura para o período da cultura foram mensurados em estação meteorológica a ± 300 m do experimento, descritos na Tabela 2.

**Tabela 2: Aferição da precipitação e temperatura para os meses do experimento. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2015.**

PRECIPITAÇÃO (ACUMULADA)				TEMPERATURA MÉDIA			
DEZ	JAN	FEV	MAR	DEZ	JAN	FEV	MAR
----- mm-----				----- °C-----			
25,8	284,2	217,4	156,4	25,13	23,5	22,6	21,5

Fonte: Estação meteorológica da UTFPR-DV.

### 6.3. Delineamento experimental

O experimento seguiu esquema fatorial (3x2x2) em delineamento de blocos ao acaso, tratando-se de experimento em parcela subdividida, onde o fator A, foram os tratamentos com inoculante a base de *B. japonicum*; coinoculado com *B. japonicum* + *A. brasilense* e controle sem inoculação; fator B, foi a divisão das áreas cultivadas e pastejadas no inverno anterior com pastagem de aveia + azevém + ervilhaca (70-30-30 kg ha<sup>-1</sup> de semente) e aveia + azevém (70-30 kg ha<sup>-1</sup> de semente); fator C, refere-se ao uso e não uso de nitrogênio foliar de lenta absorção (33,0% de N), aplicado em estágio R2 (plena floração), consistindo de 3 repetições cada tratamento, totalizando 36 parcelas (Figura 2). A unidade experimental consistiu em uma área de 25 m<sup>2</sup> (5,0 x 5,0 m) por parcela, composta de 10 linhas de soja.

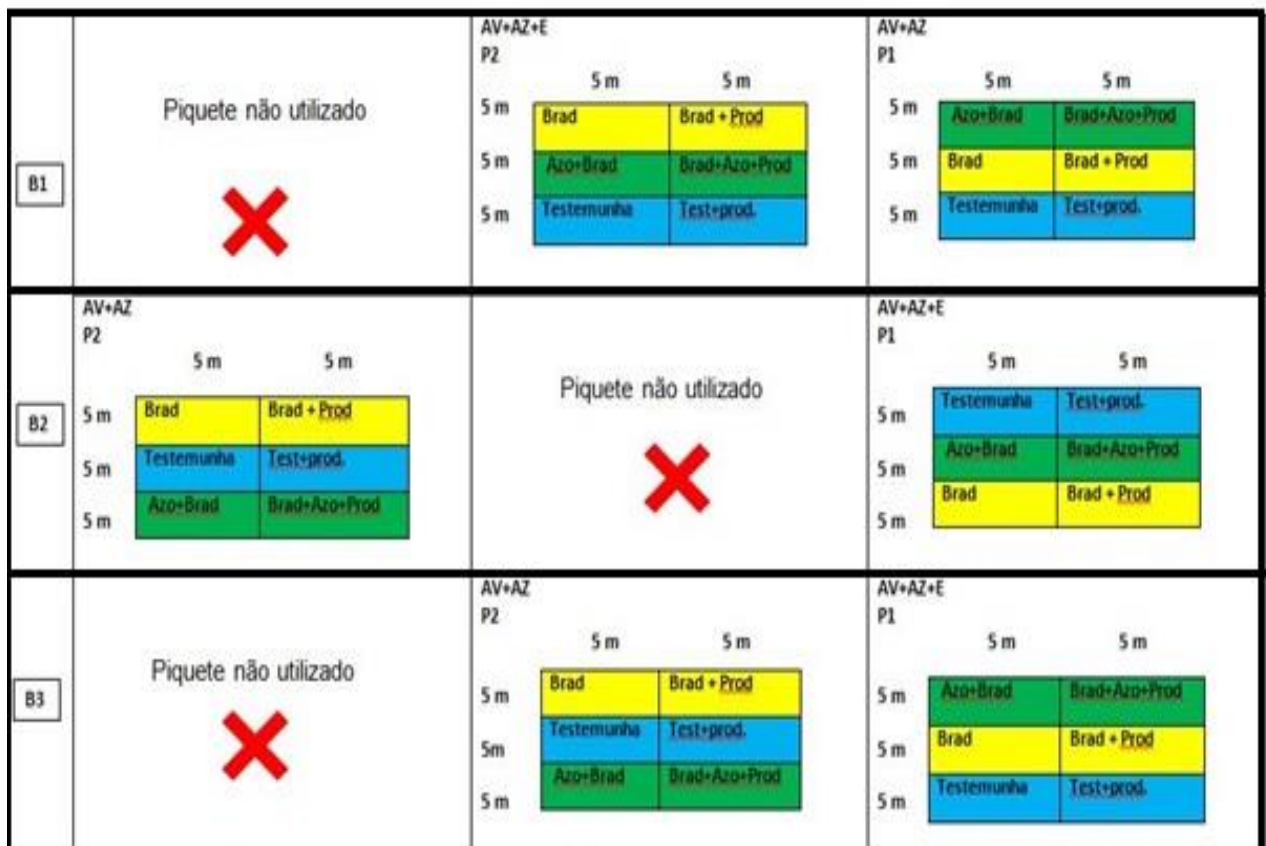


Figura 2. Croqui da disposição dos tratamentos na área de integração, onde, B<sub>1,2,3</sub> = Blocos; AV= Aveia; AZ= Azevém; E= Ervilhaca; P<sub>n</sub>= Piquetes; Azo+Brad= Coinoculado; Brad= *B. japonicum*; Prod= Uso do N foliar. Fonte: SCHNEIDER, 2015.

#### **6.4. Aplicação do Inoculante e de N foliar na cultura da soja**

Os inoculantes utilizados são *B. japonicum* (inoculante líquido, contendo as estirpes SEMIA 5079 e SEMIA 5080, na concentração de cinco bilhões de células por mL) e *A. brasilense* (inoculante líquido, contendo as estirpes AbV-5 e AbV-6, na concentração de  $2,0 \times 10^8$  ufc mL<sup>-1</sup>), que foram aplicados em pós-emergência, quando a soja estava em estágio fenológico VE, por ser este método compatível ao tratamento de sementes, utilizando-se de cinco vezes a dose indicada.

A indicação para a inoculação de sementes é de 100 mL de *B. japonicum* e de 200 mL de *A. brasilense* para 50 kg de sementes que semeia aproximadamente a área de 10.000 m<sup>2</sup> (1 hectare). Aplicados em pós-emergência, com 1 L de solução por parcela (25 m<sup>2</sup>) (400 L ha<sup>-1</sup>), para melhor homogeneização da aplicação na área, sendo aplicados com uso de máquina costal (D20) no período do final da tarde ( $\pm 18$  horas), com temperaturas de 26,8 °C.

A aplicação de N foliar foi de 50 mL do produto (33,0% de N) por parcela (25 m<sup>2</sup>), utilizando a concentração indicada no rótulo do produto que é de 20 L ha<sup>-1</sup>, dissolvidos em 1 L de água por parcela (400 L ha<sup>-1</sup>) a temperatura ambiente, que foram aplicados quando a soja estava em estágio fenológico R2 (plena floração), via pulverização, com uso de máquina costal, no final da tarde ( $\pm 18$  horas), com temperaturas de 25,5 °C.

#### **6.5. Avaliações: Nodulação, matéria seca de raiz, matéria seca da parte aérea, tamanho de plantas e produtividade de grãos**

Para avaliar o crescimento da soja, foram feitas duas coletas, sendo estas aos 20 dias após a emergência (DAE) e aos 50 DAE, coletando-se 10 plantas aleatoriamente de cada parcela, as quais ficaram imersas em água por 24 horas, para que o solo presente na raiz se desprendesse com maior facilidade. Após este período foram levadas ao laboratório, onde a raiz foi lavada com auxílio de uma peneira para não se perderem os nódulos no processo, com posterior contagem destes. Foi mensurado também a altura de planta, medindo-se a partir da inserção

do hipocótilo até o último trifólio. Após, foram postas para secar em estufa de ventilação forçada por 72 horas, a temperatura de 55°C, com posterior pesagem para obter a matéria seca de raiz e da parte aérea.

Ao final do ciclo da cultura, no ponto de maturação de colheita dos grãos (R9), foi realizada colheita manual de cada parcela, sendo coletados 1 m<sup>2</sup> da região central da parcela; após isso, foram feitas as contagens do número de plantas por m<sup>2</sup>, de vagens por planta e de grãos por vagem, em laboratório foi realizada a pesagem dos grãos, para obter a massa de 1000 grãos e avaliada a umidade das amostras, corrigindo-as para 13,0% de umidade, com a finalidade de estimar a produtividade de grãos por hectare.

## **6.6. Análises estatísticas**

Para análise dos dados foi utilizado o software estatístico Assistat (SILVA e AZEVEDO, 2009), submetendo os resultados a análise de variância ao nível de 5,0% de probabilidade.

Foram feitos teste de comparação de médias para as interações e tratamentos significativos a 5% do teste de Tukey.



## 7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A sobrevivência da bactéria e os componentes de produtividade de grãos podem ser afetados por diversos fatores, interferindo nas variáveis respostas, dificultando a visualização dos fenômenos provocados pelos tratamentos isolados, tendo como fator principal de interferência o climático (umidade e temperatura).

A cultura foi semeada no dia 05 de dezembro, ocorrendo a primeira precipitação (6,8 mm) após 10 dias da semeadura, tendo um acúmulo total de 25,8 mm de chuva para o mês de dezembro (Tabela 2), o que prejudicou a germinação, reduzindo em  $\pm 33\%$  ( $\pm 100.000$  plantas) o estande final de plantas e assim a média de produtividade de grãos para todos os tratamentos.

Analisando o solo da área experimental, verifica-se que o mesmo encontra-se com pH de 4,66 (Tabela 1), o que segundo Miguel e Moreira (2001) seria um pH abaixo do ideal para o desenvolvimento da bactéria *Bradyrhizobium*, que tem melhor desenvolvimento em pH 6,0; limitando a sobrevivência das bactérias. Um solo ácido limita o crescimento radicular, bem como a absorção de água e nutrientes, pois quando o solo está ácido há maior presença de alumínio tóxico, o qual prejudica o desenvolvimento radicular (Nolla et al., 2007) afetando negativamente o potencial simbiote da FBN e os componentes de produtividade de grãos.

Em análise física do solo, observou-se resistência mecânica do solo à penetração (RP) de 1.701 kPa (0-10 cm) e 2.751 kPa (10-20 cm) (Tabela 1), que segundo Girardello et al. (2014), seria um valor próximo ao RP crítico (3.000 kPa), para a cultura da soja, limitando o crescimento radicular, reduzindo o teor de O<sub>2</sub> e da infiltração de água no solo (Beulter e Centurion, 2004), dificultando assim a locomoção das bactérias simbiotes para a colonização das raízes e afetando a produtividade da cultura, corroborando com resultados obtidos por Centurion et al. (2006) que estudaram a compactação no cultivo da soja e encontraram efeito linear para o aumento da compactação, causando restrição sobre a altura de plantas, o comprimento de entrenós e o número de vagens por planta.

Outros fatores podem afetar os componentes de produtividade, como, a incidência de doenças, pragas e plantas daninhas, dificultando a mensuração dos efeitos da aplicação de N foliar e da FBN.

Também, verifica-se que muitos dos componentes da produtividade, possuem relação intrínseca com a planta (genética), que são pouco alterados com os fenômenos proporcionados pelos tratamentos, proporcionando menores amplitudes entre os tratamentos para cada variável resposta, tornando-as não significativas.

Para a avaliação dos tratamentos aos 20 DAE, constata-se que, o número de nódulos por planta não foi influenciado pelos tratamentos de inoculação (Ta) com os tratamentos de cobertura (Tb) do consórcio aveia + azevém, ambos com e sem ervilhaca, não havendo, interação entre estes fatores (Tabela 3). Assim, subentende-se que a utilização ou não de ervilhaca em consórcio como cultura antecessora (na taxa de semeadura estudada), não afetou o desenvolvimento da simbiose entre bactérias e planta.

**Tabela 3. Número de Nódulos, Altura de plantas, Massa seca foliar (MSF) e Massa seca radicular (MSR) da soja aos 20 DAE. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2015.**

FV	GL	QM (Nº Nódulos)	QM (Altura/cm)	QM (MSF/g)	QM (MSR/g)				
Blocos	2	25,628 *	11,456 *	0,382	0,017	ns	ns		
Trat-a(Ta)	2	23,457 *	3,207	0,152	0,005	ns	ns		
Resíduo-a	4	2,775	0,727	0,084	0,006				
Trat-b(Tb)	1	37,555 ns	12,616 ns	0,012	0,001	ns	ns		
Int. TaxTb	2	5,960 ns	0,248 ns	0,038	0,005	ns	ns		
Resíduo-b	6	8,355	3,109	0,081	0,006				
MG		25,555	11,543	0,837	0,268				
CV%-a		6,52	7,39	34,61	29,18				
CV%-b		11,31	15,28	34,03	30,29				
Total:	17								

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0.01$ ) \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0.01 \leq p < 0.05$ ); ns não significativo, ( $p \geq 0.05$ ) pelo teste de F. (Ta)= Tratamento com Inoculantes; (Tb)= cobertura de inverno; FV: Fonte de Variação; GL: Grau de liberdade; QM: Quadrado médio; MG: Média geral; CV%: Coeficiente de Variação.

O tratamento de inoculação (Ta), apresentou efeito significativo para a variável número de nódulos (NN), não sendo significativo para as variáveis altura de planta (AP), massa seca foliar (MSF) e massa seca radicular (MSR), isto devido ao solo conter quantidade suficiente de M.O. (Tabela 1) a qual pode ter suprido a exigência inicial das plântulas em N, permitindo seu crescimento e desenvolvimento

inicial. Também, devido a área já ter sido anteriormente inoculada, contendo no solo bactérias fixadoras de N, fornecendo N fixado para o crescimento das plântulas.

O tratamento de cobertura (Tb) não mostrou diferenças significativamente as variáveis número de nódulos, altura, MSF e MSR estudadas aos 20 DAE, constando-se que a ervilhaca não teve influência significativa sobre as variáveis em questão para o estágio inicial de desenvolvimento da cultura.

Houve diferença significativa do tratamento de inoculação para a variável número de nódulos aos 20 DAE, onde com a coinoculação observou-se 27,3 nódulos por planta, contra 23,4 do controle não inoculado, verificando que a união das bactérias proporcionou melhor relação simbiótica com a planta, e em consequência, maior número de nódulos (Tabela 4). Este resultado corrobora com os resultados encontrados por Barbaro et al. (2009), que verificou maior número de nódulos quando em inoculação mista de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* (25,1), comparado ao controle sem inoculação (17,9).

**Tabela 4. Avaliação do Número de Nódulos entre Tratamentos de Inoculação. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2015.**

Médias do Trat-a – Número de Nódulos		
Coinoculado	27,3	a
<i>B. japonicum</i>	25,9	ab
Controle	23,4	b
Dms	3,4	
CV%-a	6,5	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.); Coinoculado (*Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense*); Controle (Sem inoculante); Dms: diferença mínima significativa; CV%: Coeficiente de variação.

A inoculação apenas com bactérias *Bradyrhizobium* não diferiu estatisticamente em número de nódulos do controle sem inoculação, pois no cultivo anterior na área experimental utilizou-se inoculante, e assim as bactérias já estavam presentes no solo. Campos e Gnatta (2006) citam que esta diferença entre utilização ou não de inoculante é visualizada principalmente em áreas de primeiro ano de inoculação ou em áreas arenosas.

O tratamento controle apesar de se diferenciar significativamente do coinoculado, apresentou 23,4 nódulos planta<sup>-1</sup>, valor suficiente para suprir as exigências das plantas, pois segundo Cattelan e Hungria (2004), menos que 15 nódulos planta<sup>-1</sup> a produtividade é limitada.

Também, permite-se identificar que a inoculação em pós-emergência foi eficiente, podendo ser utilizada como alternativa compatível ao tratamento de sementes, assim como resultados obtidos por Zilli et al. (2008), que encontraram 14,6 nódulos planta<sup>-1</sup> aos 35 DAE com este método de inoculação.

Em avaliações realizadas aos 50 DAE para o crescimento das plantas de soja (Tabela 5), pode-se verificar que não houve diferença significativa para todas as variáveis estudadas. Constata-se assim que os tratamentos de cobertura contendo ou não ervilhaca não tiveram interação significativa com o tratamento de inoculação para o crescimento das plantas de soja até os 50 DAE, demonstrando que nas proporções de semeadura utilizadas, a planta leguminosa não influenciou no processo de simbiose.

**Tabela 5. Numero de Nódulos, Altura de plantas, Massa seca foliar (MSF) e Massa seca radicular (MSR) da soja aos 50 DAE. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2015.**

FV	GL	QM (NN)		QM (Altura/cm)		QM (MSF/g)		QM (MSR/g)	
Blocos	2	125,861	ns	170,459	*	22,746	*	0,138	ns
Trat-a(Ta)	2	179,806	ns	57,889	ns	0,788	ns	0,029	ns
Resíduo-a	4	72,238		11,641		1,941		0,046	
Trat-b(Tb)	1	3,555	ns	12,566	ns	3,683	ns	0,091	ns
Int. TaxTb	2	56,948	ns	8,331	ns	5,562	ns	0,182	ns
Resíduo-b	6	32,162		27,548		3,644		0,040	
MG		25,555		45,572		10,498		2,24206	
CV%-a		6,52		7,49		13,27		9,64	
CV%-b		11,31		11,52		18,18		8,94	
Total:	17								

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0.01$ ) \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0.01 \leq p < 0.05$ ); ns não significativo, ( $p \geq 0.05$ ) pelo teste de Tukey. (Ta)= Tratamento com Inoculantes; (Tb)= cobertura de inverno; FV: Fonte de Variação; GL: Grau de liberdade; QM: Quadrado médio; MG: Média geral; CV%: Coeficiente de Variação.

Para o tratamento de inoculação (Ta), aos 50 DAE nenhuma variável mostrou diferença significativa, diferentemente da avaliação aos 20 DAE, onde a variável número de nódulos havia diferido, isto porque, com o maior tempo e maior crescimento radicular da soja, houve maior oportunidade para as bactérias noduladoras presentes no solo (nativas) realizar a simbiose com a planta. De acordo com Cooper (2004), as bactérias são atraídas para as raízes por sinais químicos (Flavonóides), os quais são sintetizados e emitidos pelas raízes e, como houve déficit hídrico até 20 DAE (Tabela 2), não houve meio líquido para locomoção das bactérias nativas até as raízes, resultando na nodulação tardia por estas bactérias.

O tratamento de coinoculação por apresentar maior número de bactérias simbiotes próximo a semente e em consequência a sua radícula, provocou nodulação com maior rapidez, porém, não proporcionou maiores valores para as variáveis MSR, MSF e altura de plantas, não diferindo portanto do controle sem inoculação aos 50 DAE (Tabela 5).

A cobertura com ervilhaca, também, não interferiu na nodulação, mesmo a ervilhaca sendo uma planta leguminosa de rápida decomposição e disponibilização de nutrientes como N (AITA E GIACOMINI, 2003). Bizarro (2008) comenta que quanto maior N mineralizado maiores são as limitações quanto a FBN, fato não observado no presente experimento para as variáveis analisadas do crescimento da planta até os 50 DAE, visto a não diferenciação para nenhuma das variáveis observadas.

Para os componentes de produção, constata-se que não houve interação tripla entre Ta x Tb x Tc, demonstrando que um fator de variação não influencia sobre o comportamento dos demais, sob os parâmetros avaliados (Tabela 6).

Avaliando-se as interações duplas para a produtividade de grãos, pode-se observar que, assim como nas demais avaliações de crescimento vegetativo (20 DAE e 50 DAE), o tratamento de cobertura com ervilhaca não teve interação com o tratamento de inoculação. Da mesma forma, o tratamento com aplicação de N via foliar (Tc) não interagiu com o Ta, portanto, nenhum dos fatores de variação analisados influenciou o comportamento da inoculação como pode ser visualizado na Tabela 6.

**Tabela 6. Análise dos componentes de produtividade de grãos da Soja, ANOVA. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2015.**

FV	GL	QM (Nº Plantas /m <sup>2</sup> )	QM (Nº Vagens/ Planta)	QM (Nº Grãos/ Vagem)	QM (Massa 1000 grãos)	QM (Produtividade de grãos)
Blocos	2	33,583 ns	58,366 ns	0,0651 ns	222,585 ns	184.933,334 ns
Trat-a(Ta)	2	2,333 ns	72,795 ns	0,185 ns	96,100 ns	594.216,400 ns
Resíduo-a	4	22,916	16,270	0,106	103,771	150.278,658
CV% - a		19,54	15,54	16,53	7,34	23,59
Trat-b(Tb)	1	16,000 ns	271,370 *	0,003 ns	70,520 ns	552.425,368 ns
Int. TaxTb	2	17,333 ns	74,980 ns	0,136 ns	11,424 ns	306.452,598 ns
Resíduo-b	6	27,805	45,311	0,056	127,774	169.887,860
CV% - b		21,52	25,94	12,03	8,15	25,08
Trat-c(Tc)	1	13,444 ns	49,702 ns	0,018 ns	148,154 ns	150.829,884 ns
Int. TaxTc	2	6,777 ns	31,499 ns	0,059 ns	16,692 ns	1.585,725 ns
Int. TbxTc	1	4,000 ns	4,928 ns	0,227 **	135,976 ns	696.385,076 **
Int.TaTbTc	2	4,333 ns	6,904 ns	0,014 ns	110,230 ns	101.412,674 ns
Resíduo-c	12	9,527	12,002	0,022	79,971	61.679,379
CV% - c		12,60	13,35	7,59	6,45	15,11
Total	35					

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0.01$ ); \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0.01 \leq p < 0.05$ ); ns não significativo ( $p \geq 0.05$ ); (Ta)= Tratamento com Inoculantes;(Tb)= cobertura de inverno; (Tc)= Aplicação de Nitrogênio foliar; GL: Grau de liberdade; QM: Quadrado médio; CV%: Coeficiente de Variação.

Houve interação significativa a 1% para os tratamentos de cobertura de inverno antecedente (Tb) e aplicação de Nitrogênio foliar (Tc), indicando que um tratamento influencia no comportamento do outro, sendo esta interação observada para as variáveis número de grãos vagem<sup>-1</sup> e produtividade de grãos.

Avaliando isoladamente o tratamento de inoculantes (Ta) observa-se que mesmo tendo diferença no número de nódulos inicialmente (Tabela 3), esta diferença não se refletiu em maiores produtividades de grãos, diferindo das observações feitas por Brandeleiro et al. (2009) que encontraram maiores produtividades em variedade com maior número de nódulos.

Resultados obtidos por Hungria et al. (2013), demonstram que houve diferenças significativas para a reinoculação anual da soja com *Bradyrhizobium*,

resultando em incremento no rendimento de grãos de 8,4%, e coinoculação com incremento de 16,1% comparados ao controle (2.652 kg ha<sup>-1</sup>). Zilli et al. (2010) conduzindo experimento em solos arenosos, encontraram diferença entre tratamentos inoculados (3.703 kg ha<sup>-1</sup>) e controle (2.184 kg ha<sup>-1</sup>), evidenciando a importância da inoculação para estes solos.

Os resultados obtidos por este trabalho corroboram com relatos de Barbaro et al. (2009), os quais não observaram diferenças significativas entre os tratamentos com e sem inoculação com *Bradyrhizobium*, nos parâmetros massa de nódulos, massa seca foliar e massa seca radicular. Este fato é mencionado nos trabalhos de Campos e Gnatta (2006), Pavanelli e Araújo (2009), os quais atribuem os resultados à ausência de resposta significativa à inoculação quando realizado em áreas já inoculadas, devido a populações de *Bradyrhizobium* já existentes, apresentando alta competição por sítios de infecção, diminuindo a diferença entre controle e tratamento inoculado.

Analisando-se a variável número de grãos por vagem (Tabela 7) e produtividade de grãos (Tabela 8), observa-se variações de comportamento, influenciadas pela interação entre os tratamento de cobertura e de N foliar, onde resultados significativos, foram observados para o Tc sem aplicação de N foliar, sob interação do Tb contendo ervilhaca, tanto para grãos por vagem (1,88) (Tabela 7), quanto para produtividade de grãos (1.315,8) (Tabela 8).

**Tabela 7. Comparação de médias para o componente de produtividade: Número de Grãos por vagem da soja. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2015.**

Cobertura Vegetal (Tb)	Aplicações de N Foliar (Tc)	
	Com N Foliar	Sem N foliar
AV+AZ+ER	2,08 Aa	1,88 Ba
AV+AZ	1,90 Aa	2,02 Aa
Dms- Colunas	0,20	
Dms- Linhas	0,15	
CV%-b	12,03	
CV%-c	7,59	

dms: Diferença mínima significativa, Letras maiúsculas comparam entre linhas e minúsculas entre colunas; Médias de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV%: Coeficiente de variação; AV+AZ+ER: Aveia+Azevém+Ervilhaca; AV+AZ Aveia+Azevém.

**Tabela 8: Comparação de médias para a produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), sob diferentes coberturas vegetais e aplicação de N foliar. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2015.**

Cobertura Vegetal (Tb)	Aplicações de N Foliar (Tc)	
	Com N Foliar	Sem N foliar
AV+AZ+ER	1.723,4 Aa	1.315,8 Bb
AV+AZ	1.692,9 Aa	1.841,7 Aa
Dms- Colunas	357,28	
Dms- Linhas	254,97	
CV%-b	25,08	
CV%-c	15,11	

dms: Diferença mínima significativa, Letras maiúsculas comparam entre linhas e minúsculas entre colunas; Médias de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV%: Coeficiente de variação; AV+AZ+ER: Aveia+Azevém+Ervilhaca; AV+AZ Aveia+Azevém.

Observa-se que no tratamento contendo ervilhaca como cobertura de inverno e sem a aplicação de N via foliar, que houve redução na formação de grãos por vagem e por consequência afetando a produtividade de grãos, sendo este fator não visualizado quando em aplicação com N complementar via foliar, devido à geração de efeito sinérgico compensatório entre estes tratamentos para as variáveis analisadas.

Resultados diferentes são descritos por Santos et al. (2014) que avaliando consórcios hibernais contendo ervilhaca antecedentes ao cultivo da soja (2011/12) na cidade de Passo Fundo (RS), não encontraram diferença significativa para número de grãos por planta, com ervilhaca (CE) 66 grãos por planta e sem ervilhaca (SE) 70 grãos por planta, nem para o rendimento de grãos, CE de  $3.024 \text{ kg ha}^{-1}$  e SE de  $3.084 \text{ kg ha}^{-1}$ .

A aplicação de N via foliar se justifica apenas quando se pretende atingir o máximo potencial da cultura, elevando a produtividade da mesma. No presente experimento, o efeito com a aplicação de N foliar, quanto a produtividade da cultura (Tabela 8), mostrou-se não ser influenciado pelo tratamento de cobertura, porém, onde não houve aplicação de N foliar o efeito da cobertura gerou alteração significativa para a produtividade de grãos,  $1.841,7 \text{ kg ha}^{-1}$  (sem ervilhaca) e  $1.315,8 \text{ kg ha}^{-1}$  com ervilhaca.



Estes resultados corroboram com encontrados por Freeborn et al. (2001), que não encontraram incremento significativo de produtividade aplicando  $168 \text{ kg ha}^{-1}$  de N mineral, nos estádios fenológicos R3 e R5.

Contudo, diferindo dos resultados encontrados, Pacentchuk et al. (2015) e Burko et al. (2013) testando aplicação de N foliar  $12,7 \text{ L ha}^{-1}$  e  $10,3 \text{ L ha}^{-1}$ , obtiveram incremento na produtividade de  $338 \text{ kg ha}^{-1}$  (10,7%), comparado ao controle ( $3.159 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e de 13,8%, quando comparado ao controle sem aplicação ( $3.216 \text{ kg ha}^{-1}$ ) respectivamente, sendo necessário maiores estudos para verificação da influência deste fator sobre a produtividade.

Para o tratamento com coberturas de inverno (Tb) houve diferença entre o uso de cobertura consorciada com ervilhaca e sem, onde o tratamento sem ervilhaca proporcionou maior número de vagens por planta e com ervilhaca causou redução para a variável resposta analisada (Tabela 9).

**Tabela 9. Número de vagens por planta sob efeito de dois consórcios AV+AZ+ER e AV+AZ antecedendo a cultura da soja. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2015.**

Médias do Trat-b – Número de Vagens planta <sup>-1</sup>	
AV+AZ	28,698 a
AV+AZ+ER	23,207 b
Dms	5,489
CV%-b	25,94

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. AV+AZ+ER: Aveia + Azevém + Ervilhaca; AV+AZ: Aveia + Azevém; dms: Diferença mínima significativa; CV%: Coeficiente de variação em porcentagem.

Esses resultados diferem dos encontrados por Santos et al. (2014) e Fontaneli et al. (2000), que ao estudarem o rendimento da soja sobre restos culturais de espécies consorciadas com ervilhaca, não encontraram redução significativa para nenhum dos componentes de produtividade, podendo-se atribuir esta maior variação a outras interferências.

Avaliando os efeitos entre tratamentos Ta x Tb e Ta x Tc, observa-se não haver interação entre os mesmos para a variável resposta de produtividade de grãos, demonstrando que para este trabalho, o tratamento de inoculação não foi influenciado pelos demais tratamentos, bem como não diferiu do controle (Gráfico 1), devendo-se conduzir maiores estudos e avaliações para determinar a capacidade efetiva dos tratamentos e suas inter-relações, tanto para o crescimento quanto para a produtividade da soja.

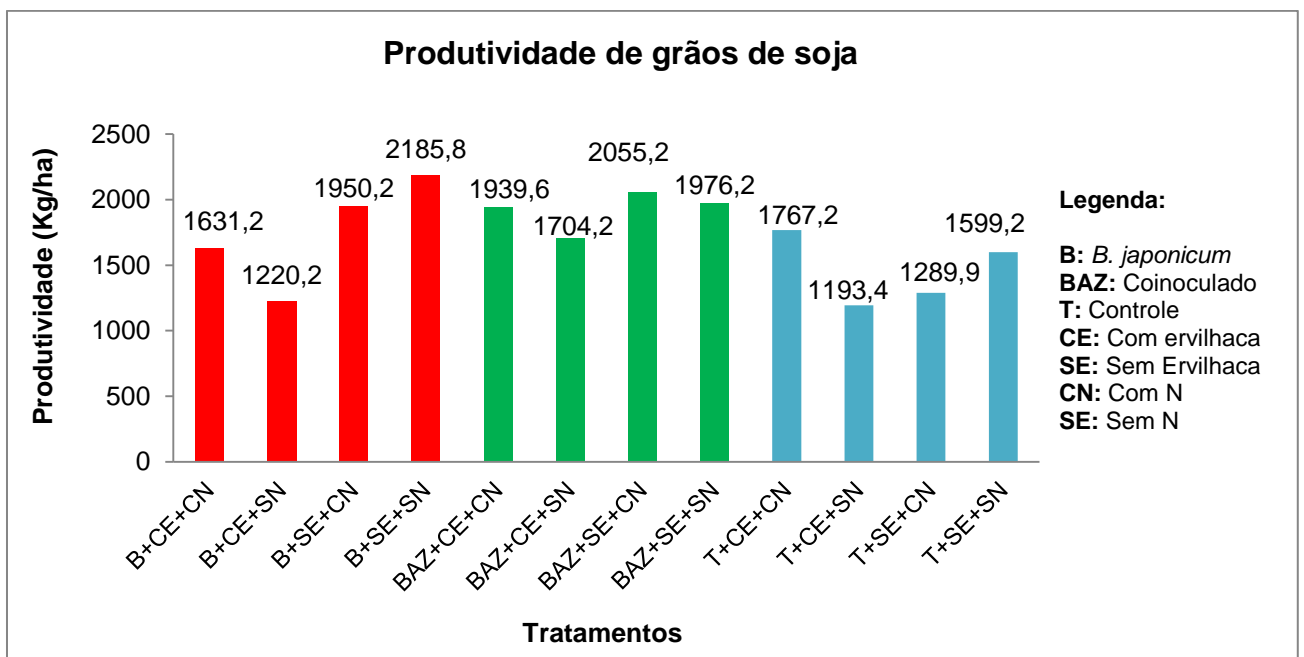


Gráfico 1 – Produtividade de grãos de soja, sob tratamentos de inoculação, coberturas de inverno e aplicação de N via foliar, em sistema de integração Lavoura-Pecuária. Fonte: SCHNEIDER (2015).

## 8. CONCLUSÕES

O tratamento com coinoculação gerou aumento da nodulação inicial em condições adversas de cultivo, porém, não tendo aumento significativo para o crescimento de plantas e produtividade de grãos de soja, também, não sofreu interação pelos tratamentos de cobertura vegetal com ervilhaca e uso de N foliar para o cultivo em sistema de Integração Lavoura-Pecuária estudado.

O consórcio com ervilhaca como cultura antecessora, gerou interação com a aplicação de N foliar, tendo efeito sinérgico para o número de grãos por vagem e produtividade de grãos de soja, porém, sem influência sobre o crescimento de plantas da soja.

A aplicação de nitrogênio foliar mostrou-se gerar efeito sinérgico compensatório para a produtividade de grãos, quando em consórcio com ervilhaca, porém, não diferindo significativamente dos demais tratamentos.

## REFERÊNCIAS

AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 601- 612, 2003.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen´s climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**. Gebrüder Borntraeger, Stuttgart 2013.

AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 189-197, 2001.

ANPIL - **Associação Nacional dos Produtores e Importadores de Inoculantes** – Araujo, S. C. (Consultor), 2013. Disponível em: <http://www.anpii.org.br/site/>. Acesso em: 17 junho de 2015.

BARBARO, I. M.; MACHADO, P. C.; BÁRBARO JUNIOR L. S.; TICELLI, M.; BERGANTINI, F.; SILVA, J. A. A. Produtividade da soja em resposta á inoculação padrão e co-inoculação. **Colloquium Agrariae**, v. 5, n.1, Jan-Jun. p. 01-07, 2009.

BEULTER, A.N.; CENTURION, J.F. Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.581-588, 2004.

BENIZRI E.; BAUDOIN E.; GUCKERT A. Root colonization by inoculated plant growth promoting rhizobacteria. **Biocontrol Science Technology**. V. 11, p. 557-574, 2001.

BHERING S. B.; SANTOS H. G.; BOGNOLA I. A.; CÚRCIO G. R.; MANZATTO C. V.; CARVALHO JUNIOR W; CHAGAS C. S.; ÁGLIO M. L. D.; SOUZA J. S. Mapa de solos do Estado do Paraná: legenda atualizada. Rio de Janeiro: **EMBRAPA/IAPAR**. P. 74. 2008.

BIZARRO, M. J.; **Variações qualitativas e quantitativas na microbiota do solo e na fixação biológica do nitrogênio sob diferentes manejos com soja**. Tese de Doutorado. UFRGS - Porto Alegre, Maio, 2008.

BOONKERD, N.; ARUNSRI, C.; RUNGRATTANAKASIN, W.; VASUVAT, Y. Effects of post-emergence inoculation on field grown soybeans. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v.1, p.155-161, 1985.

BRANDELEIRO, E. M., PEIXOTO, C. P., RALISCH, R. Nodulação de cultivares de soja e seus efeitos no rendimento de grãos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 3, p. 581-588, jul./set. 2009.

BURDMANN, S.; HAMAOU, B.; OKON, Y. Improvement of legume crop yields by co-inoculation with Azospirillum and Rhizobium. **The Otto Warburg Center for Agricultural Biotechnology**. Israel: The Hebrew University of Jerusalem, 2000.

BURKO, J.; VIDAL, A.; PIOVESAN, L. R.; ROYER R.; NOVAKOWISKI, J. H.; SANDINI, I. E. Efeito da aplicação de nitrogênio complementar via foliar sobre a produtividade e massa de mil grãos de soja - **Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná**/Setor de Ciências Agrárias e ambientais-Departamento de Agronomia/Guarapuava, PR. s/a.

CÂMARA, G. M. S. (editor). **Soja: tecnologia da produção II**. Piracicaba, p. 450, 2000.

CÂMARA, G. M. S. **Fixação Biológica de Nitrogênio em soja**. IPNI – *International Plant Nutrition Institute*, Informações Agronômicas n° 147; p.31, setembro, 2014.

CAMPO, R. J.; HUNGRIA, M., (Orgs.). **Anais da XIII Reunião da Rede de Laboratórios para Recomendação, Padronização e Difusão de Tecnologia de Inoculantes Microbianos de Interesse Agrícola (RELARE)**. Londrina: Embrapa Soja. (Documentos, 290), p. 212, 2007.

CAMPOS, B. C; HUNGRIA, M; TEDESCO, V. Eficiência da fixação biológica de N<sub>2</sub> por estirpes de *Bradyrhizobium* na soja em plantio direto – **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p.583-592, 2001.

CAMPOS, B. H. C.; GNATTA, V. Inoculantes e fertilizantes foliares na soja em área de populações estabelecidas de *Bradyrhizobium* sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 30, n.1, p. 69-76, 2006.

CENTURION, J.F.; CENTURION, M.A.P.C.; BEUTLER, A.N.; ROSSINI, L.A.; FREDDI, O.S. & SOUZA NETO, E.L. Compactação do solo no desenvolvimento e na produção de cultivares de soja. **Científica**, Jaboticabal, v. 34, n.2, p. 203-209, 2006.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira, v. 2 – Safra 2014/15, n. 9 – Nono Levantamento, Jun. 2015.** Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15\\_06\\_11\\_09\\_00\\_38\\_boletim\\_graos\\_junho\\_2015.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_06_11_09_00_38_boletim_graos_junho_2015.pdf)>. Acesso em: 17 junho de 2015.

COOPER, JE 2004 Multiple Responses of Rhizobia to Flavonoids During Legume Root Infection. **Adv. Bot. Res.** 41, p. 1-62.

CATTELAN, A. L; HUNGRIA. M. Nitrogen Nutrition and inoculation. In: FAO (ed.) **Tropical Soybean – improvement and production.** Rome: FAO, 1994.

EMBRAPA - Tecnologias de produção de soja região central do Brasil 2011. - Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: **Embrapa Agropecuária Oeste**, p. 255, 2010.

EMBRAPA – Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN). Disponível em: <<http://agrosustentavel.com.br/downloads/fbn.pdf>>. Acesso em: 17 junho de 2015.

FERLINI, H. A. Co-Inoculación en Soja (*Glycyne max*) con *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense*. **Artículos Técnicos – Agricultura.** 2006. Disponível em: <[http://www.engormix.com/co\\_inoculacion\\_soja\\_glycyne\\_s\\_articulos\\_800\\_AGR.htm](http://www.engormix.com/co_inoculacion_soja_glycyne_s_articulos_800_AGR.htm)> Acesso em: 17 Junho de 2015.

FERREIRA, S. L. B.; CHRIST, E. A.; LIMA, C. P.; OLIVEIRA, R. ALMEIDA, R. Adubação complementar com nitrogênio aplicado via foliar na cultura da soja. **Faculdades Integradas de Ourinhos, FIO/FEMM**, 2013.

FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P.; VOSS, M.; AMBROSI, I. Rendimento e nodulação de soja em diferentes rotações de espécies anuais de inverno sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.2, p.349-355, 2000.

FREEBORN, J. R.; HOLSHOUSER, D. L.; ALLEY M. M.; POWELL, N. L.; ORCUTT D. M. Soybean Yield Response to Reproductive Stage Soil- Applied Nitrogen an Foliar applied Boron. **Agronomy Journal**, v.93, nov- dez 2001.

GAULT, R. R.; BERNARDI, A. L.; THOMPSON, J. A.; ANDREWS, J. A.; BANKS, L. W.; HEBB, D. M.; BROCKWELL, J. S. Studies on alternative means of legume inoculation: appraisal of application of inoculant suspended in irrigation water (water-run inoculation). **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.34, p.401-409, 1994.

GIRARDELLO, V. C., AMADO, T. J. C., SANTI, A. L., CHERUBIN, M. R., KUNZ, J., & DE GREGORI TEIXEIRA, T. Resistência à penetração, eficiência de escarificadores mecânicos e produtividade da soja em latossolo argiloso manejado sob plantio direto de longa duração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 38(4), 1234-1244, 2014.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C.; GRAHAM, P.H. Contribution of biological nitrogen fixation to the N nutrition of grain crops in the tropics: the success of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) in South America. **IN: SINGH, R.P.; SHANKAR, N.; JAIWAL, P.K. (Ed.). Nitrogen nutrition in plant productivity.** Houston: Studium Press, 2006. p.43-93.

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; CAMPO, R. J.; GRAHAM, P. H. **The importance of nitrogen fixation to soybean cropping in South America.** In: WERNER, D. e NEWTON, W., eds. Nitrogen fixation in agriculture, forestry, ecology and the environment. Dordrecht, Springer. p. 25-42, 2005.

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

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T.; SUHET, A. R.; PERES, J. R. R. Fixação biológica do nitrogênio em soja. **Microrganismos de importância agrícola.** Brasília, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, p.9-89, 1994.

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

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Tecnologia de co-inoculação da soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*: incrementos no rendimento com sustentabilidade e baixo custo. **Resumos da XXXIII Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil**, Londrina, PR, agosto de 2013a.

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**, 2013b (online).

INSTITUTO AGRONÔMICO DO ESTADO DO PARANÁ. Cartas climáticas do Estado do Paraná. Londrina, IAPAR, (**IAPAR, Documento, 29**), p. 24, 2007.

JENDIROBA, E.; CÂMARA, G. M. S.; Rendimento agrícola da cultura da soja sob diferentes fontes de nitrogênio. Brasília, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n.8, p. 1201- 1209, 1994.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa Nº 13**, de 24/03/2011. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis/>> Acesso em 13 de abril de 2015.

MIGUEL, D. L.; MOREIRA, F. M. S. Influência do pH do meio de cultivo e da turfa no comportamento de estirpes de *Bradyrhizobium*. **Revista Brasileira Ciência do solo**, v. 25, p. 873-83, 2001.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2.ed. Lavras: Ufla, p. 449-542, 2006.

NISHI, C. Y. M.; HUNGRIA, M. Efeito na reinoculação na soja [*Glycine max* (L.) Merrill] em um solo com população estabelecida de *Bradyrhizobium* com as estirpes SEMIA 566, 586, 587, 5019, 5079 e 5080. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, p.359-368, 1996.

NOLLA, A.; SCHLINDWEIN, J.A. E ANGHINONI, I. Crescimento, morfologia radicular e liberação de compostos orgânicos por plântulas de soja em função da atividade de alumínio na solução do solo de campo natural. **Revista Ciência Rural**, v. 37, 1/6: p. 97-101, 2007.

NOVAKOWISKI, J. H.; PACENTCHUK, F.; VIDAL, V.; BAZZANEZI, A. N.; SANDINI, I. E. Nitrogênio Complementar: Alternativa Para Incremento Da Produtividade Da Cultura Da Soja. **Anais do XX EAIC – UEPG**, Ponta Grossa, PR, 2011.

PACENTCHUK, F.; NOVAKOWISKI, J. H.; NOVAKOWISKI, J. H.; SANDINI, I. E. Nitrogênio complementar via foliar nas culturas do milho, soja e feijão: Doses e estádios fenológicos de aplicação. **Revista Plantio Direto**, Edição 142/143, 2015.

PAVANELLI, L. E; ARAÚJO, F. F. Fixação biológica de nitrogênio em soja em solos cultivados com pastagens e culturas anuais no oeste paulista. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n.1, p. 21-29, 2009.

REIS, V. M. Uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como inoculante para aplicação em gramíneas. Seropédica: **Embrapa Agrobiologia**, p. 22, 2007.



SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; PIRES, J. L. F.; FONTANELI, R. S.; BIAZUS, V.; VERDI, A. C.; VARGAS, A. M. Rendimento de grãos e características agronômicas de soja em função de pastagens perenes em sistema de plantio direto. **Bragantia**, Campinas, 2014.

SILVA, A. F. Efeito da inoculação da soja (Cultivar Tropical) com rizóbios de crescimento rápido e lento em solo ácido submetido à calagem. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 5, p.1327-1333, 2002.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In:WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: **America Society of Agricultural and Biological Engineers**, 2009.

TA LIAO C.; HO LIN C. Physiological adaptation of crop plants to flooding stress. **Proceedings of the National Academy of Sciences**. Counc-ROC(B) 25, p. 148-157, 2001.

TAÍZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. Trad. SANTARÉM, E.R. et al., 3º ed., Porto Alegre: Artemed, p. 719, 2004.

TIMMERS, A. C. J. AURIAC, M. C.; TRUCHET, G. Refined analysis of early symbiotic steps of the Rhizobium- Medicago interaction in relationship with microtubular cytoskeleton rearrangements. **Development**, v.126, p.3617-3628, 1999.

TRIPLETT, E.W. The molecular genetics of nodulation competitiveness in Rhizobium and Bradyrhizobium. **Molecular Plant-Microbe Interaction**, Saint Paul, v.3, p.199-206, 1990.

VARGAS, M. A. T.; MENDES, I. C.; SUHET, A. R.; PERES, J. R. Duas novas estirpes de rizóbio para a inoculação da soja. Planaltina, **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 1992.

VIEIRA NETO, S. A.; PIRES, F. R.; MENEZES, C. C. E.; MENEZES, J. F. S.; SILVA, A. G.; SILVA, G. P.; ASSIS, R. L. Formas de aplicação de inoculante e seus efeitos sobre a nodulação da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.861-870, 2008.

VOSS, M.; CUNHA, M. H. Efeito da inoculação de estirpes recomendadas de *Bradyrhizobium* em soja, com população estabelecida dessa bactéria. In: **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Soja: resultados de pesquisa do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, 1995/96. Passo Fundo, p.209-213, 1996.

WEBER, M. A.; MIELNICZUK, J. Estoque e disponibilidade de nitrogênio no solo em experimento de longa duração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p.429-437, 2009.

WESLEY, T. L.; LAMOND, R. E.; MARTIN, V. L.; DUNCAN, S. R. Effects of late-season nitrogen fertilizer on irrigated soybean yield and composition. **Journal of Production Agriculture**, v.11, p.331-336, 1998.

WILLEMS, A. The taxonomy of rhizobia: na overview. **Plant and soil**, v. 284, n. 1, p. 3-14, 2006.

ZHANG, F. et al. Plant growth promoting rhizobacteria and soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] nodulation and nitrogen fixation at sub optimal root zone temperatures. **Annals of Botany**, v.77, p.453 - 459, 1996.

ZILLI, J. E. Influence of fungicide seed treatment on soybean nodulation and grain yield. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n.4, p. 917-923, 2009.

ZILLI, J. E. MARSON, L. C.; MARSON, B. F.; GIANLUPPI, V.; CAMPO, R. J.; HUNGRIA, M. Inoculação de *Bradyrhizobium* em soja por pulverização em cobertura. **Revista Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.4, p.541-544, abr. 2008.

ZILLI, J. E.; GIANLUPPI, V.; CAMPO, R. J.; ROUWS, J. R. C.; HUNGRIA, M. Inoculação da soja com *bradyrhizobium* no sulco de semeadura alternativamente à inoculação de sementes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p.1875-1881, 2010a.

ZILLI, J. E; SMIDERLE, O. J; FERNANDES JÚNIOR, P. I. Eficiência agronômica de diferentes formulações de inoculantes contendo *Bradyrhizobium* na cultura da soja em Roraima - **Revista Agro@ambiente** On-line, v. 4, n. 2, p. 56-61, jul-dez, 2010b.

## ANEXOS



Anexo 1. Inoculantes Aplicados em Cobertura, *Bradyrhizobium japonicum* (A) e *Azospirillum brasilense* (B). Fonte: SCHNEIDER, 2015.