

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO**  
**CAMPUS DE SINOP**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS**  
**CURSO DE AGRONOMIA**

**DOSES DE INOCULANTE NA CULTURA DA SOJA EM**  
**PRIMEIRO ANO DE CULTIVO**

**IGOR BUOSI FRANCISCO**

**SINOP – MT**  
**FEVEREIRO – 2017**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO**  
**CAMPUS DE SINOP**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS**  
**CURSO DE AGRONOMIA**

**DOSES DE INOCULANTE NA CULTURA DA SOJA EM  
PRIMEIRO ANO DE CULTIVO**

**IGOR BUOSI FRANCISCO**  
**ORIENTADOR: CASSIANO SPAZIANI PEREIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)  
apresentado ao Curso de Agronomia do  
ICAA/CUS/UFMT, como parte das  
exigências para a obtenção do Grau de  
Bacharel em Agronomia.

**SINOP – MT**  
**FEVEREIRO - 2017**

### **Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.**

F819d Francisco, Igor Buosi.  
Doses de inoculante na cultura da soja no primeiro ano de cultivo  
/ Igor Buosi Francisco. -- 2017  
32 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Cassiano Spaziani Pereira.  
TCC (graduação em Agronomia) - Universidade Federal de  
Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Sinop,  
2017.  
Inclui bibliografia.

1. Glycine max. 2. Bradyrhizobium. 3. Fixação Biológica de  
Nitrogênio. 4. Doses de Inoculante. 5. Inoculação. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS  
CURSO DE AGRONOMIA  
Coordenador: Prof. Dr. Carlos Cesar Breda



## TERMO DE APROVAÇÃO DE TCC

TÍTULO DO TRABALHO: *Bases de inoculante na cultura da soja em  
primeiros anos de cultivo*

ACADÊMICO: *Igor Ruyi Francisco*

ORIENTADOR: *Cassiano Spangheri Pereira*

CO-ORIENTADOR:

APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA:

Nome  
Orientador

Nome  
Membro ou Co-orientador

Nome  
Membro

DATA DA DEFESA: *16/12/2017*

## RESUMO

A soja [*Glycine max* (L). Merrill] é uma das espécies mais cultivadas no mundo, principalmente por ser fonte de óleo e de proteína. O Brasil é o segundo maior produtor mundial dessa leguminosa. Diante da importância que a soja possui na economia brasileira, instituições de pesquisa desenvolveram uma tecnologia que promove a produção vegetal minimizando o impacto no meio ambiente por meio do uso de inoculante com o objetivo de substituir o uso de adubos nitrogenados nas lavouras. O processo de inoculação consiste no uso de bactérias fixadoras de nitrogênio adicionadas às sementes das plantas antes da semeadura. O presente estudo teve como objetivo verificar a resposta da cultura da soja à doses de inoculante em área de primeiro ano de cultivo com a cultura da soja. Esta pesquisa foi executada na área experimental da Universidade Federal de Mato Grosso, localizada no município de Sinop. O experimento seguiu um delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 3, com quatro repetições, onde os tratamentos consistiram da combinação de cinco doses do inoculante (0; 150; 300; 450 e 600 mL ha<sup>-1</sup>) com três cultivares de soja (TMG 132 RR, TMG 133 RR e TMG 1179), totalizando 15 tratamentos. Observou-se que a cultivar TMG 1179 apresenta resposta a nodulação, mas esta não altera sua produtividade, mesmo em doses de 600 mL ha<sup>-1</sup>. Além disso, a cultivar TMG 132 RR não possui boa nodulação, mas foi mais produtiva do que a TMG 133 RR e TMG 1179 em áreas de primeiro ano de cultivo de soja.

**Palavras-chave:** *Glycine max* ; *Bradyrhizobium*, Fixação Biológica de Nitrogênio, doses de inoculante; inoculação.

## ABSTRACT

The soybean [*Glycine max* (L). Merrill] is one of the most cultivated species in the world, mainly because it is a source of oil and protein. Brazil is the second largest producer of this legume in the world. Given the importance of soybean in the Brazilian economy, research institutions have developed a technology that promotes plant production minimizing the impact on the environment through the use of inoculant with the objective of replacing the use of nitrogen fertilizers in crops. The inoculation process consists in the use of nitrogen fixing bacteria added to the seeds of the plants before sowing. The objective of the present study was to verify the response of the soybean crop to inoculant doses in the first year of cultivation with the soybean crop. This research was carried out in the experimental area of the Federal University of Mato Grosso, located in the municipality of Sinop. The experiment was carried out in a randomized complete block design in a 5 x 3 factorial scheme, with four replications, where the treatments consisted of the combination of five inoculant doses (0; 150; 300; 450 and 600 mL ha<sup>-1</sup>) with three cultivars of soybean (TMG 132 RR, TMG 133 RR and TMG 1179), totaling 15 treatments. It was observed that the cultivar TMG 1179 presents nodulation response, but this does not alter its productivity, even in doses of 600 mL ha<sup>-1</sup>. In addition, cultivar TMG 132 RR did not have good nodulation, but was more productive than TMG 133 RR and TMG 1179 in areas of first year of soybean cultivation.

**Keywords:** *Glycine max*; *Bradyrhizobium*, Biological Nitrogen Fixation, doses of inoculant; inoculation.

## SUMÁRIO

	página
RESUMO .....	4
ABSTRACT .....	6
1. INTRODUÇÃO .....	8
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	10
2.1. A cultura da soja no Brasil e em Mato Grosso .....	10
2.2. Nitrogênio na planta .....	11
2.3. Fixação biológica de nitrogênio (FBN) .....	12
2.4. Benefícios da fixação biológica de nitrogênio (FBN) .....	14
2.5. Inoculação em soja .....	15
2.6. Formação dos nódulos .....	16
2.7. Normas e legislação de inoculantes .....	17
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	19
3.1. Descrição do local do experimento .....	19
3.2. Delineamento experimental .....	19
3.3. Preparo da área .....	20
3.4. Tratos culturais .....	22
3.5. Avaliações e metodologia .....	22
3.6. Avaliações estatísticas .....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	24
5. CONCLUSÕES .....	28
6. REFERÊNCIAS .....	29

## 1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merr.) é uma leguminosa originária da China e do Japão, sendo um alimento muito importante na alimentação humana e animal. Os principais produtos oriundos da soja são os óleos e rações para animais. A soja é rica em proteínas, e também em minerais como cálcio, potássio, fósforo, magnésio, zinco e cobre.

É uma cultura que apresenta grande demanda de nutrientes, especialmente de nitrogênio, devido ao alto teor de proteína dos grãos. No entanto, a cultura da soja seria inviabilizada no Brasil se os produtores tivessem que aplicar todo o nitrogênio necessário para suprir as demandas da planta. Uma vez que os fertilizantes nitrogenados são caros e apresentam no máximo 50% de eficiência devido sua fácil volatilização e conversão à amônia (NH<sub>3</sub>) (HUNGRIA *et al.*, 2001).

Assim, a inoculação das sementes de soja com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* é uma prática que trouxe ganhos fundamentais para a cultura da soja, levando-se em consideração os aspectos econômicos e ambientais. Isso se deve ao fato de boa parte da demanda de nitrogênio (N) pela soja ser suprida apenas com essa técnica de fácil execução e baixo custo (GARCIA *et al.*, 2015).

Além disso, a substituição do uso dos adubos nitrogenados pelo inoculante contribui para diminuição de impactos negativos causados nos agroecossistemas, já que, por sua vez, o uso de fertilizantes nitrogenados pode gerar problemas por meio da contaminação de águas superficiais e subterrâneas, efeitos nos organismos edáficos e aquáticos e danos à saúde (CAMPANHOLA *et al.*, 1997). Segundo Fageria e Baligar (2005), também ocorrem perdas por desnitrificação que acarreta a emissão de gases de efeito estufa para a atmosfera.

Dessa forma, é possível tornar práticas agrícolas mais sustentáveis tendo como fonte alternativa a utilização de inoculantes em troca dos fertilizantes químicos, explorando a fixação biológica de nitrogênio (FBN).

No entanto, para que a fixação do nitrogênio ocorra, é necessário que as bactérias do gênero *Bradyrhizobium* estejam presentes no solo, junto à semente da soja, vindo a formar nódulos nas raízes e fixando eficientemente o N<sub>2</sub>. Este processo é viabilizado pela prática da inoculação (BIZARRO, 2004).



Porém, como os solos brasileiros são originalmente isentos de bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, já que a soja não é uma cultura nativa do país e a bactéria que fixa o nitrogênio atmosférico (bradirizóbio) não existe naturalmente neste solo, é indispensável que se faça a inoculação da soja nessas condições, para garantia de obtenção de alta produtividade (HUNGRIA *et al.*, 2007).

Ademais, em áreas de primeiro cultivo, onde não existem populações de rizóbio no solo, o retardamento inicial da nodulação promovido pelo uso de pequenas doses de nitrogênio na semeadura, pode ter consequências mais severas, acarretando inclusive prejuízos na produtividade (MENDES *et al.*, 2000).

Diante do exposto, a inoculação de *Bradyrhizobium* para a cultura da soja é uma prática indispensável, em área de primeiro ano de cultivo dessa leguminosa (REUNIÃO, 2002).

Devido essas condições algumas vezes não favoráveis, espera-se que este aumento na quantidade de inoculante possa recompensar as perdas de células viáveis. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi verificar a resposta da cultura da soja à doses de inoculante em área de primeiro ano de cultivo com a cultura da soja.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. A cultura da soja no Brasil e em Mato Grosso

A soja é uma das mais antigas plantas cultivadas no mundo, havendo relatos na literatura sobre seu cultivo há mais de cinco mil anos (HYMOWITZ, 1970). O provável centro de origem desta cultura é o Leste da Ásia, considerado como o seu centro de origem genético primário a região Central da China e a Manchúria como o seu centro genético secundário (COSTA, 1996).

A história da soja no Brasil se iniciou em 1882 por meio dos Estados Unidos. Nos anos de 1940, ela assumiu importância econômica, quando foi inaugurada a primeira indústria processadora de soja no país, em Santa Rosa, RS (EMBRAPA SOJA, 2004).

A partir da década de 1970, a soja brasileira tem apresentado grande expansão de área de cultivo e, também, aumentos significativos em produtividade (BISNETA, 2015). Desde então, a soja passa a ser compreendida como uma cadeia produtiva gerando aumento na produtividade, motivando criação de novas tecnologias e dando grande relevância ao setor do agronegócio que cresce cada vez mais pelo mundo todo.

Com o crescimento da produção, a soja começa a se expandir nos Estados de Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul, Goiás e Mato Grosso de Sul (SEAB, 2012; CONAB, 2014).

No Brasil, a transição da soja de lavoura doméstica para cultivo comercial tornou-se possível graças aos programas de pesquisa que, por meio do melhoramento genético das variedades melhor adaptadas às novas condições edafoclimáticas de cultivo, juntamente com o plantio direto, o controle mais eficaz de ervas daninhas, insetos-praga, e doenças, bem como a seleção de estirpes de rizóbios eficientes na fixação do nitrogênio atmosférico, possibilitaram a expansão desta cultura pelo território nacional (KASTER & BONATO, 1980; EMBRAPA, 2002).

Segundo a Embrapa Soja (2015/2016), com base nos dados econômicos do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), a produção deles foi de 106 milhões de toneladas com a área plantada de 33,11 milhões de hectares e uma produtividade de 3.230 kg ha<sup>-1</sup> na safra de 2015/2016. Já no Brasil, na mesma safra, sua produção foi de 95 milhões de toneladas, com 33,18 milhões de hectares de área plantada com 2.882 kg ha<sup>-1</sup> de produtividade (CONAB).

A soja é uma das principais fontes de proteína e óleo vegetal do mundo, devido a isso é cultivada como alimento tanto para os seres humanos quanto para os animais. Do total de soja produzido pelo país, aproximadamente 44% do volume tem como destino a exportação ainda como produto básico (grão), 49% segue para o processamento industrial dentro do país, gerando, principalmente, farelo de soja, óleo de soja e biocombustíveis (ABAG, 2015).

Ademais, apesar desta cultura não possuir a mesma aptidão de outras espécies para produção de biocombustíveis, como o dendê e a mamona, a produção de biodiesel da soja também tem ganhado espaço no mercado nacional, entrando na mistura com o diesel (6 ou 7%) (ABAG, 2015).

## 2.2. Nitrogênio na planta

O nitrogênio (N) é o elemento mais abundante da atmosfera terrestre, constituindo 78% da sua composição. Entretanto, é um dos principais fatores limitantes ao desenvolvimento das plantas, pois a maioria do N que existe está na forma molecular na atmosfera (KNEIP *et al.*, 2007).

As plantas de soja adquirem N na forma mineral, como nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e amônia ( $\text{NH}_4^+$ ), ou na forma orgânica, como ureia e aminoácidos, visto que são incapazes de assimilar o nitrogênio em sua forma molecular ( $\text{N}_2$ ) (WILLIAMS & MILLER, 2001).

Dessa forma, de acordo com Hungria *et al.* (2001), as fontes de fornecimento de N para as plantas são:

- Solo: principalmente pela decomposição da matéria orgânica, este reservatório é limitado podendo ser esgotado após alguns cultivos. Além disso, as condições de temperaturas e umidade predominantes no território brasileiro aceleram os processos de decomposição e perdas de N;
- Fixação não biológica: é resultante da liberação de N via descarga elétrica durante as chuvas de verão, pela combustão e pelo vulcanismo;
- Fertilizantes nitrogenados: oriundos da refinaria de petróleo apresentando alto custo e baixa eficiência (máxima de 50%), pois são facilmente volatizados para a atmosfera e seu uso inadequado pode ocasionar impactos ambientais negativos;
- Fixação biológica do nitrogênio (FBN): consiste em transformar o nitrogênio presente na atmosfera em formas assimiláveis para plantas e animais, sendo realizada

principalmente por bactérias diazotróficas, como rizóbios ou de vida livre como cianobactérias.

Como é o nutriente requerido em maior quantidade pela cultura da soja, estima-se que para produzir 1000 kg ha<sup>-1</sup> de grãos são necessários aproximadamente 80 kg de N, pois 65 kg são alocados nas sementes e 15 kg de N nas folhas, caule e raízes (HUNGRIA *et al.*, 2012). Além disso, por motivos econômicos vários fertilizantes apresentam nitrogênio na formulação (ROCKENBACH & CAMPOS, 2010).

Araújo e Carvalho (2006) comentam que em alguns casos recomenda-se o uso de pequenas doses de N (20 a 30 kg de N ha<sup>-1</sup>) aplicadas na semeadura, também chamadas de doses de “arranque”, cuja finalidade é de disponibilizar N às plantas até o início da nodulação.

Assim, uma lavoura com deficiência deste macronutriente pode apresentar crescimento reduzido das plantas e a baixa produtividade, além de várias características na cultura da soja tais como, perder a cor verde-escura para verde-pálida nas folhas velhas, pois o N é bastante móvel na planta (BORKERT *et al.*, 1994).

O nitrogênio na forma mineral é comumente utilizado no Brasil, sendo disposta de diversas maneiras, porém as mais utilizadas no país estão representadas pela ureia e sulfato de amônia. A aplicação do N mineral é realizada no sulco ou a lanço, posteriormente incorporadas desde que entre em contato com água, portanto se torna necessário após a aplicação se fazer irrigação ou ocorrer à presença de chuva. Onde a aplicação destes pode vir a ser perdida por volatilização e lixiviação, se busca assim aplicar em épocas apropriadas e quando se tem maior exigência pela cultura (BARBOSA *et al.*, 2005).

### **2.3. Fixação biológica de nitrogênio (FBN)**

Faleiro *et al.* (2011) afirmam que a FBN é o segundo processo biológico mais importante do planeta, após a fotossíntese, sendo fundamental para vida na terra. Na soja, bactérias do gênero *Bradyrhizobium* se associam ao sistema radicular e estabelecem uma simbiose, que passa a fornecer a maior parte do nitrogênio necessário para o crescimento e produtividade da planta. A FBN ocorre em estruturas especializadas nas raízes, chamadas de nódulos (MATA *et al.*, 2011).

A fixação biológica de nitrogênio (FBN), nada mais é que a conversão de N gasoso (N<sub>2</sub>) em outras espécies químicas nitrogenadas promovidas por alguns

organismos, que empregam o N fixado na biossíntese de proteínas e ácidos nucléicos (NUNES *et al.*, 2003).

É um processo biológico de quebra da tripla ligação do N<sub>2</sub> através de um complexo enzimático, denominado nitrogenase. A nitrogenase ocorre no interior de estruturas específicas, que são os nódulos, onde bactérias do gênero *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* e *Azorhizobium*, denominados genericamente de rizóbios, convertem o N<sub>2</sub> atmosférico em amônia, que é incorporada em diversas formas de N orgânico para a utilização por plantas, principalmente as leguminosas (ARAÚJO & CARVALHO, 2006).

Nessa cultura este processo é realizado principalmente por bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, as quais fornecem eficientemente N para a planta de soja podendo chegar a mais de 90% do nitrogênio requerido pelas cultivares mais produtivas (HUNGRIA *et al.*, 2005).

De acordo com Faleiro *et al.* (2011), das leguminosas produtoras de grãos, a soja é a planta que recebe maior contribuição da FBN. Sendo que para a produção de uma tonelada de grãos de soja, com 6,5% de N, são necessários, pelo menos, 80 kg de N (grãos + parte vegetativa).

Hungria *et al.*, (2005) relataram que com os recentes avanços da genética e do melhoramento de plantas e de microrganismos associados à melhoria das tecnologias de produção, a FBN em ambientes favoráveis ao sistema simbiote tem revelado valores entre 72 e 94% do N total requerido pela cultura, fixando até 300 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Entretanto, pelo fato da soja ser uma leguminosa introduzida e uma das poucas espécies que se associa com *Bradyrhizobium japonica*, é pouco provável a ocorrência natural dessa bactéria nos solos brasileiros, por isso é necessário realizar a inoculação das sementes da cultura. Entretanto, há possibilidades de que algumas das estirpes introduzidas no solo, juntamente com as sementes ou através de inoculação artificial, sobrevivam e se estabeleçam no meio (ZUBERER, 1994; YUSUF *et al.*, 1999).

A FBN se mostra importante porque é uma relação simbiótica capaz de fornecer nitrogênio necessário para a cultura da soja, sustentando um cenário da agricultura moderna e tecnológica, trazendo consigo vantagens benéficas tanto ao produtor rural quanto ao planeta, como o fato de economia em nitrogênio mineral e a redução da emissão de gases do efeito estufa. A melhor forma de se explorar a FBN na cultura da soja é por meio da utilização de inoculantes produzidos com bactérias fixadoras de nitrogênio selecionadas pela pesquisa.

## 2.4. Benefícios da fixação biológica de nitrogênio (FBN)

De acordo com Caballero (2015), a fixação biológica do nitrogênio promove vários benefícios para os cultivos agrícolas, dentre os quais destacam-se:

- O menor uso de adubos nitrogenados, que resulta em economia para o produtor;
- A característica de contribuir para o auto-fornecimento do nitrogênio utilizado para a formação da planta minimiza os impactos do nitrogênio sobre o meio ambiente;
- O uso de leguminosas como adubos verdes eficientes para FBN fornece nitrogênio para o solo e melhora suas propriedades físicas, químicas e biológicas;
- Aumento de produtividade, especialmente em solos deficientes em nitrogênio disponível.

Apesar da capacidade da FBN em suprir toda demanda de nitrogênio da cultura da soja, diversos fatores podem impedir a expressão da máxima eficiência desse processo. As causas desse insucesso estão associadas à qualidade do inoculante; o tratamento químico das sementes; a temperatura e umidade do solo; assim como o pH, o ideal é na faixa entre 5,0 a 6,0; a salinidade; a fertilidade e os teores de N no solo, visto que dependendo da dose, o fertilizante pode atrasar o início da nodulação das raízes (CÂMARA, 2014).

Além disso, a competição por sítios nodulares entre estirpes utilizadas nos inoculantes e os rizóbios do solo, quando estas são de menor eficiência (GRAHAM & TEMPLE, 1984), o efeito da rizosfera, toxinas e predadores podem também afetar a nodulação e/ou a fixação do N<sub>2</sub> de leguminosas junto à vasta variedades de estirpes de *Rhizobium* (KAMICKER & BRILL, 1986).

A eficiência do processo de fixação biológica de N<sub>2</sub>, bem como o seu metabolismo, também pode ser prejudicada pela deficiência de cobalto (Co) e molibdênio (Mo), pois o primeiro é essencial aos microrganismos fixadores de N<sub>2</sub> e o segundo faz parte das enzimas redutase do nitrato e nitrogenase. Assim, recomenda-se a aplicação de 12 a 25 g ha<sup>-1</sup> de Mo e de 2 a 3 g ha<sup>-1</sup> de Co, via tratamento de sementes ou foliar para suprir a demanda da cultura (ALBINO & CAMPO, 2001; OLIVEIRA

JUNIOR *et al.*, 2010).

Considerando-se que a FBN supre de 70 a 95% das necessidades nutricionais do N, ainda de acordo com este mesmo autor, em condições de campo, o sistema simbiote não consegue atender às exigências totais de N, de maneira que 5 a 30% deverão ser supridos pelo solo e, principalmente pela matéria orgânica.

## 2.5. Inoculação em soja

A inoculação consiste na aplicação de bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico em contato com as sementes, em que o inoculante é o veículo que contém as bactérias. Em contato com as raízes da planta, as bactérias do gênero *Bradyrhizobium* provocam uma infecção, que se manifesta na forma de nódulos, onde exercem uma relação de mutualismo, sobrevivendo nas raízes da planta, e, em troca, fixam nitrogênio, que é aproveitado pela planta para sua nutrição (ROCHA, 2013).

Considerando o nível de produção dessa cultura no Brasil, a exportação de nitrogênio pelas culturas, a quantidade de N fornecida pelos solos brasileiros, juntamente com a eficiência de utilização dos fertilizantes nitrogenados (em geral no máximo de 50%) e o seu preço atual, estima-se que a adoção da tecnologia de inoculação na soja resulte em uma economia nacional da ordem de US\$ 7 bilhões por safra (HUNGRIA *et al.*, 2012).

Em contraste com a economia resultante da menor utilização de fertilizantes nitrogenados, têm-se ainda grandes benefícios ambientais, pois ocasionaria uma menor poluição de rios, lagos, lençóis freáticos, particularmente pela lixiviação do nitrato, bem como menos emissão de gases de efeito estufa, como o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) (HUNGRIA *et al.*, 2012).

Hungria *et al.* (2001) relatam que para a cultura da soja são recomendadas quatro estirpes para a cultura da soja, duas da espécie *Bradyrhizobium elkanii* (SEMIA 587 e SEMIA 5019) e duas da espécie *Bradyrhizobium japonicum* (SEMIA 5079 ou CPAC 15 E SEMIA 5080 ou CPAC 7), todas capazes de fornecer o N necessário à cultura.

## 2.6. Formação dos nódulos

A FBN envolve uma sucessão de processos que começam com a adaptação da bactéria à planta e culminam na fixação do nitrogênio atmosférico. A nodulação ocorre aproximadamente 2 horas após o contato da bactéria com as raízes. Os nódulos primários se desenvolvem em regiões de alongamento e nas zonas de formação de pequenos pelos radiculares, considerada a região preferencial para a infecção da bactéria fixadora (BHUVANESWARI *et al.*, 1980).

A formação de um simples nódulo é resultante de um processo complexo envolvendo diversos estádios. Inicialmente, as sementes em germinação e as raízes exsudam moléculas que atraem quimicamente os rizóbios, outras estimulam o crescimento das bactérias na rizosfera da planta hospedeira e outras que desencadeiam a expressão de diversos genes, tanto da bactéria como da planta hospedeira (HUNGRIA *et al.*, 2001).

Na interação dos rizóbios com o sistema radicular de leguminosas, por meio da formação de estruturas denominadas nódulos radiculares, a planta fornece fotoassimilados a bactéria, recebendo em troca produtos nitrogenados provenientes da fixação do N<sub>2</sub> tais como: aminoácidos e ureídeos (JORDAN, 1984; SCHUBERT, 1986).

De acordo com Araújo & Hungria (1994), a nodulação ocorre em várias etapas, envolvendo mudanças fisiológicas e morfológicas, tanto na célula hospedeira como na bactéria. As mudanças na bactéria visam, principalmente, o recebimento de fontes de carbono da planta hospedeira, para prover o ATP e o poder redutor necessários para o processo de FBN. As mudanças na planta hospedeira visam assimilar a amônia produzida pelas bactérias.

Segundo Vargas & Hungria (2007), os nódulos estão presentes em raízes de plantas leguminosas e são formados como resultado da infecção provocada pelas bactérias fixadoras simbióticas. Plantas leguminosas, como a soja e o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), são infectadas, principalmente, por diazotróficos dos gêneros *Bradyrhizobium* e *Rhizobium*, respectivamente.

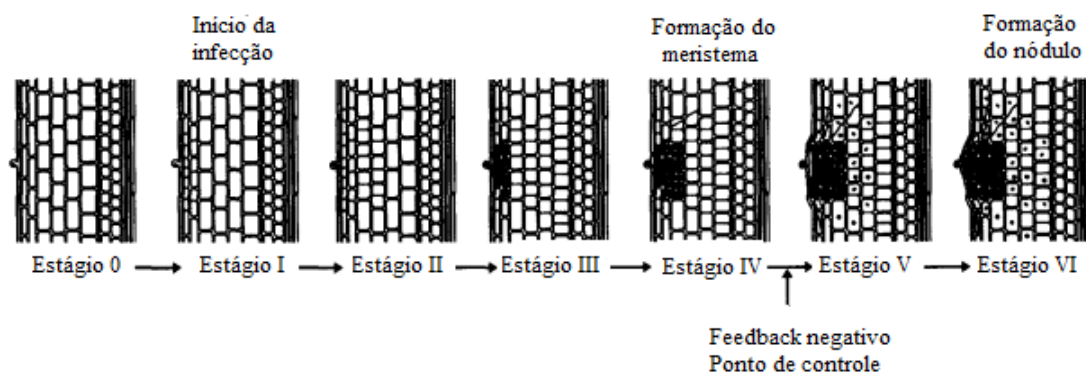
Gerahty *et al.* (1992) explicam, de forma cronológica, como acontece à alteração anatômica nas raízes de soja após a infecção, quando são iniciadas divisões celulares dentro e fora do córtex radicular gerando nódulos meristemáticos onde ocorrem sucessivas divisões mitóticas, conforme descrito abaixo:

- Estágio 0 -corresponde à raiz não infectada;



- Estágio I - início da infecção;
- Estágio II - células corticais externas começam a se dividir;
- Estágio III - a divisão é evidente no córtex interno e algumas células do córtex externo;
- Estágio IV – as células são mais isodiamétricas e apresentam algumas divisões oblíquas externamente e internamente no córtex, formando um meristema nodular;
- Estágio V- o meristema é aumentado;
- Estágio VI - emergência do nódulo (Figura 1).

Ainda de acordo com estes autores, na passagem da fase de divisão celular ao estágio V tem-se um ponto de controle, onde somente aquelas corticais que são bem sucedidos irão atingir o próximo estágio e irão se desenvolver em nódulos maduros.



**Figura 1.** Estágios de infecção e formação de nódulos em raízes de soja. Fonte: Adaptado de Gerahy *et al.* (1992).

Os primeiros nódulos formados podem ser observados ao redor de 10 a 12 dias após a emergência, se o estabelecimento da simbiose for bem sucedido (HUNGRIA *et al.*, 2007).

## 2.7. Normas e legislação de inoculantes

Na recente “Instrução Normativa nº 13”, de 24 de março de 2011, consta que o inoculante para leguminosas deve apresentar concentração mínima de  $1,0 \times 10^9$  unidades formadoras de colônias (UFC) por grama ou mililitro de produto e ausência de microrganismos não especificados no fator de diluição  $1 \times 10^{-5}$  (MAPA, 2011).

A importância da concentração elevada ocorre porque, quanto maior o número de células nas sementes, maior será a probabilidade de nodulação bem sucedida, especialmente na coroa da raiz, iniciando prontamente a fixação biológica e o fluxo de N para a planta. Dessa forma, o agricultor deve considerar cuidadosamente algumas recomendações de diluição de produtos com altas concentrações de células, pois, após ser diluído inúmeras vezes, o produto não resultará em número adequado de células nas sementes (HUNGRIA *et al.*, 2001).

Dessa forma, visando obter uma melhor eficiência da estirpe inoculada para que esta estabeleça nodulação satisfatória com a planta hospedeira, diversos fatores adversos devem ser superados, o que nem sempre é possível se o veículo inoculante não oferecer condições de sobrevivência e proteção para a bactéria (DEAKER *et al.*, 2004)

Neste sentido, conforme a Lei nº 6894 de 16 de novembro de 1980, regulamentada pelo Decreto nº 4954, de Janeiro de 2004, o inoculante é o produto que contém microrganismos com ação favorável crescimento das plantas entendendo-se como:

- Suporte: material excipiente e esterilizado, livre de contaminantes segundo os limites estabelecidos, que acompanha os microrganismos e tem a função de suportar ou nutrir, ou ambas as funções, o crescimento e a sobrevivência destes microrganismos, facilitando a sua aplicação; e
- Pureza do inoculante: ausência de qualquer tipo de microrganismos que não sejam os especificados (BUCHER & REIS, 2008).

Contudo, para que uma estirpe de bactéria fixadora de nitrogênio seja considerada inoculante comercial ela tem que ser testada por órgãos de pesquisa oficiais, seguindo protocolos descritos pela Rede de Laboratórios para Recomendação, Padronização e Difusão de Tecnologia de Inoculantes Microbianos de Interesse Agrícola (REALE), com resultados já aprovados em reunião da mesma Instituição e por esta recomendada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (ALVES, 2011).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Descrição do local do experimento

O estudo foi realizado na área experimental da Universidade Federal de Mato Grosso, localizada no município de Sinop, Mato Grosso, com coordenadas geográficas 11°51'56" de latitude sul e 55°29'01" longitude oeste, com altitude média de 350 m. O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo Aw (clima tropical com inverno seco), apresentando temperatura média de 24,6 °C e precipitação média de 1.200 mm por ano, sendo julho e agosto os meses mais secos.

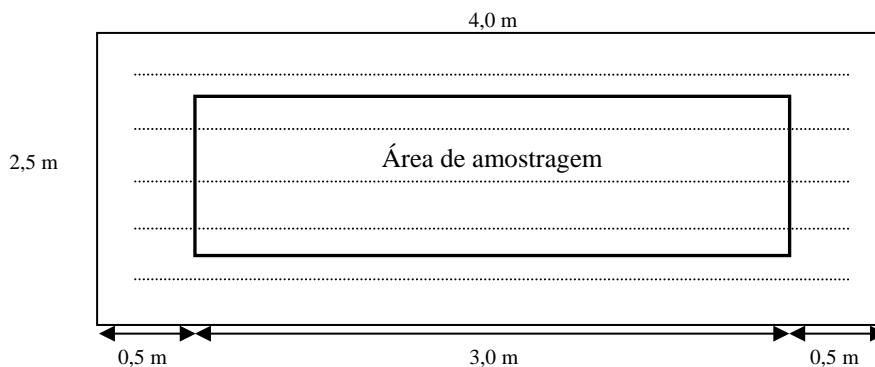
#### 3.2. Delineamento experimental

O experimento seguiu um delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 3, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram da combinação de cinco doses do inoculante (0; 150; 300; 450 e 600 mL ha<sup>-1</sup>) com três cultivares de soja (TMG 132 RR, TMG 133 RR e TMG 1179), totalizando 15 tratamentos cuja descrição dos tratamentos está apresentado na Tabela 1.

**Tabela 01.** Descrição dos tratamentos realizados no experimento. Sinop, MT, 2015.

TRATAMENTO	DOSE DO INOCULANTE (mL ha <sup>-1</sup> )	CULTIVAR DE SOJA
T1	Ausência de inoculação	TMG 132 RR
T2	150	TMG 132 RR
T3	300	TMG 132 RR
T4	450	TMG 132 RR
T5	600	TMG 132 RR
T6	Ausência de inoculação	TMG 133 RR
T7	150	TMG 133 RR
T8	300	TMG 133 RR
T9	450	TMG 133 RR
T10	600	TMG 133 RR
T11	Ausência de inoculação	TMG 1179
T12	150	TMG 1179
T13	300	TMG 1179
T14	450	TMG 1179
T15	600	TMG 1179

As parcelas experimentais constituíram-se de 5 linhas de cultivo, com 0,5 m de espaçamento entre linhas e 4 metros de comprimento, totalizando 10 m<sup>2</sup>. Para as avaliações desconsiderou as plantas da bordadura. Somente as três linhas centrais de cada parcela foram utilizadas, eliminando-se 0,5 m de cada extremidade (área de amostragem) conforme ilustrado na Figura 2.



**Figura 2.** Representação da parcela experimental e da área de amostragem.

### 3.3. Preparo da área

A área do estudo foi desmatada em 2010, onde foi semeado arroz (*Oriza sativa* L.) na safra 2011/2012, onde foi adubada com 100 kg ha<sup>-1</sup> de N. Já na safra 2013/2014 a área permaneceu em pousio.

Antes da instalação do experimento foi realizada amostragem do solo, na profundidade de 0-20 cm, para a caracterização química e granulométrica da área do experimento (Tabela 02 E 03). Com o auxílio do trado tipo sonda, coletou-se 10 amostras simples, que foram misturadas e homogeneizadas para formar uma amostra composta (EMBRAPA, 2006).

**Tabela 02.** Análise química do solo antes da implantação do experimento. Sinop, MT, 2015.

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H	H+Al
	mg dm <sup>-3</sup>		cmol dm <sup>-3</sup>				
5,4	1,21	26	1,16	0,66	0,10	2,60	2,70
MO	V	Zn	Cu	Fe	Mn	B	S
g dm <sup>-3</sup>		%		mg dm <sup>-3</sup>			
28,90	30,96	0,43	0,61	150,09	2,96	0,30	20,55

**Tabela 03.** Análise granulométrica antes da implantação do experimento. Sinop, MT, 2015.

Areia	Silte	Argila	Classe Textural
mg dm <sup>-3</sup>			
379	162	459	Argilosa

Para a implantação do experimento efetuou-se o preparo de solo com gradagem, nivelamento e calagem, com o intuito de elevar a saturação por base para 60%. A fertilização da área foi feita no sulco de plantio, aplicando-se 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, com base nos resultados da análise de solo.

O plantio foi realizado em sulcos abertos, com implemento manual, espaçados de 0,5 m entre linhas, nos quais foram distribuídas as sementes. A população de plantas foi diferente entre as variedades utilizadas, sendo que para a TMG 132 e TMG 133 foram distribuídas 16 sementes por m<sup>2</sup> e para a TMG 1179 foram, aproximadamente, 18 sementes por m<sup>2</sup>. As características das variedades utilizadas estão apresentadas na Tabela 4.

**Tabela 4 -** Características das variedades de soja utilizadas no experimento. Sinop, MT, 2015.

Cultivares	Maturação relativa	Ciclo	Crescimento	Exigência em fertilidade	Acamamento	Florescência
TMG 132 RR	8,5	Médio	Determinado	Alta	Tolerante	
TMG 133 RR	8,5	Médio	Determinado	Média/Alta	Moderadamente suscetível	Branca
TMG 1179	7,9	Precoce	Determinado	Alta	Resistente	Roxa

As sementes de soja foram inoculadas com o produto comercial Biomax® Premium Líquido – Soja, contendo as estirpes SEMIA 5079 e SEMIA 5080, com uma concentração mínima de 6x10<sup>9</sup> células viáveis ml<sup>-1</sup>. O inoculante, na dose recomendada para cada tratamento, foi distribuído de maneira uniforme às sementes, secagem a sombra e semeadas no mesmo dia.

Realizaram-se aplicações de micronutrientes, com o intuito de atingir altas produtividades, seguindo recomendações (SANTOS, 2008). Em V3, para aumentar a nodulação e produtividade da soja, aplicou-se via foliar produtos a base de cobalto e molibdênio, na proporção de 5 g de Co e 42 g de Mo, sem aplicação na semente, como recomendado por (MATA *et al.*, 2011).

### 3.4. Tratos culturais

Os tratos culturais (controle de plantas daninhas, pragas e doenças) anteriores e posteriores ao plantio foram os recomendados para a região e para as variedades, de acordo com as necessidades da cultura. O controle de plantas daninhas ocorreu dentro do período recomendado, entre vinte e trinta dias após o plantio, período considerado crítico de competição entre a cultura e as plantas invasoras (CORREIA & DURIGAN, 2004).

### 3.5. Avaliações e metodologia

Foram avaliadas no decorrer do experimento as variáveis: número de nódulos totais; viáveis e a massa seca de nódulos, massa de 1000 grãos e a produtividade.

No estágio vegetativo R1, no pleno florescimento, período de máxima fixação biológica de nitrogênio (FBN), realizou-se uma pequena cova de aproximadamente 0,20 x 0,20 x 0,20 m, tomando-se cuidado para não danificar o sistema radicular das plantas, e retiraram-se as plantas inteiras do solo, com o auxílio de uma pá-de-corte. Posteriormente foram separados raízes, nódulos e solo da amostra, com auxílio de peneira com malha de 3 mm e água corrente para limpeza do solo aderido às partes vegetais.

Após drenagem do excesso de água das plantas, os nódulos foram acondicionados em sacos de papel identificados com suas respectivas partições (nódulos, raízes, haste, folhas e pecíolos), e realizou-se contagem do número de nódulos por planta.

Em etapa seguinte, os nódulos maiores de 2 mm, foram seccionados ao meio com auxílio de um estilete e após a identificação da coloração rósea estes foram considerados viáveis (VIEIRA NETO *et al.*, 2008). E, posteriormente as amostras foram levadas para secagem em estufa a 60°C até obter peso constante e aferiram-se suas massas.

A colheita foi realizada manualmente, quando os grãos estavam com, aproximadamente, 180 g kg<sup>-1</sup> de água. Logo após, as plantas foram trilhadas em trilhadora mecânica e os grãos foram peneirados, limpos manualmente e acondicionados em sacolinhas de papel devidamente identificadas.

A umidade dos grãos foi então corrigida para  $130 \text{ g kg}^{-1}$  em estufa de circulação forçada de ar, a  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ , seguindo recomendações (BRASIL, 2009). Com o auxílio de uma balança digital realizou-se a correção da umidade para a obtenção da produtividade da parcela, a qual foi transformada em  $\text{kg ha}^{-1}$  e  $\text{sacas ha}^{-1}$ . Em sequência, determinou-se a massa de 1000 grãos.

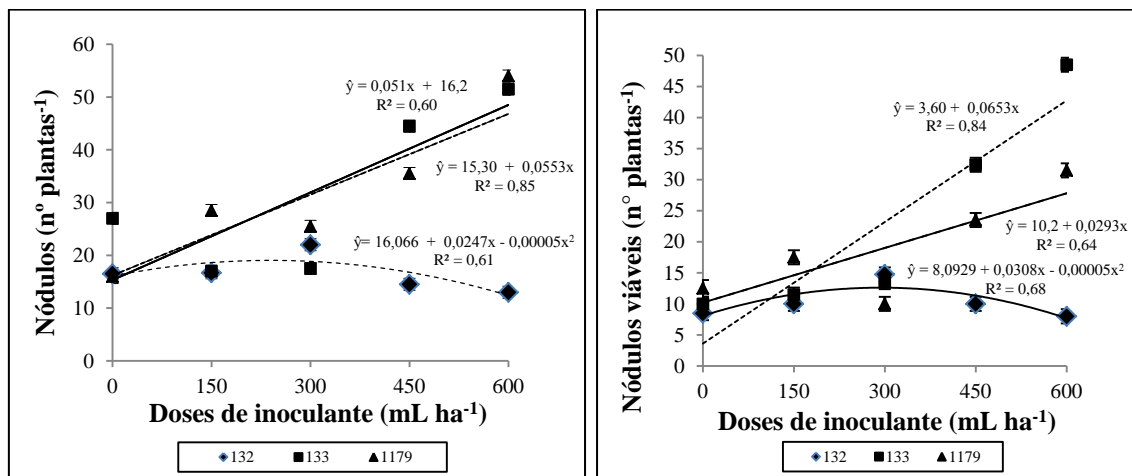
### **3.6. Avaliações estatísticas**

Nos obtidos da cultura, foram realizadas as análises de variância (ANAVA) com a aplicação do teste F, ao nível de 5 % de probabilidade, com o auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). Para as variáveis quantitativas cujo teste F foi significativo, compararam-se as médias dos tratamentos com análise de regressão polinomial, ajustando-se modelos de equações lineares e quadráticas significativas pelo teste t, a 5% de probabilidade, para melhor discussão dos resultados. Já para as variáveis qualitativas aplicou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio do número de nódulos totais e viáveis por planta, pode-se observar que a formação de nódulos foi significativamente influenciada pela interação entre as doses de inoculante e as cultivares de soja.

A cultivar TMG 1179 foi a que apresentou o maior número de 48,8 nódulos.planta<sup>-1</sup>, sendo que destes 27,5 nódulos eram viáveis, seguida da cultivar TMG 133 RR que apresentou 46,7 nódulos.planta<sup>-1</sup>, destes 42,8 viáveis. Já a cultivar TMG 132 RR apresentou o menor número de nódulos, formando em média 14,7 nódulos.planta<sup>-1</sup>, e destes apenas 10,25 eram nódulos viáveis, além disto esta cultivar apresentou comportamento quadrático com a aplicação das doses de inoculante (Figura 3).



**Figura 3.** a) Número de nódulos por planta; e b) número de nódulos viáveis de três cultivares de soja TMG – 133 RR; TMG – 132 RR e TMG 1179 sob cinco doses de inoculante a base de *Bradyrhizobium japonicum* na semente. Sinop-MT, 2015.

De acordo com Pereira *et al.* (2016), a menor formação de nódulos em plantas da cultivar TMG 132 RR, em relação as cultivares TMG 133 RR e TMG 1179 ocorre devido a diferença no potencial de simbiose das cultivares. Brandelero *et al.* (2009) relatam que as cultivares de soja respondem de forma diferenciada a prática de inoculação devido a caracteres intrínsecos (genéticos) das cultivares.

Cattelan e Hungria (1994) relataram que uma planta de soja bem nodulada pode ser considerada aquela que, na época do florescimento, apresente entre 15 a 30 nódulos na raiz. Neste trabalho, foi encontrada nodulação acima de 25 nódulos por planta, no pleno florescimento, para duas cultivares avaliadas (TMG 1179 e TMG 133 RR), sendo que apenas a cultivar TMG 132 RR não atendeu este preceito.

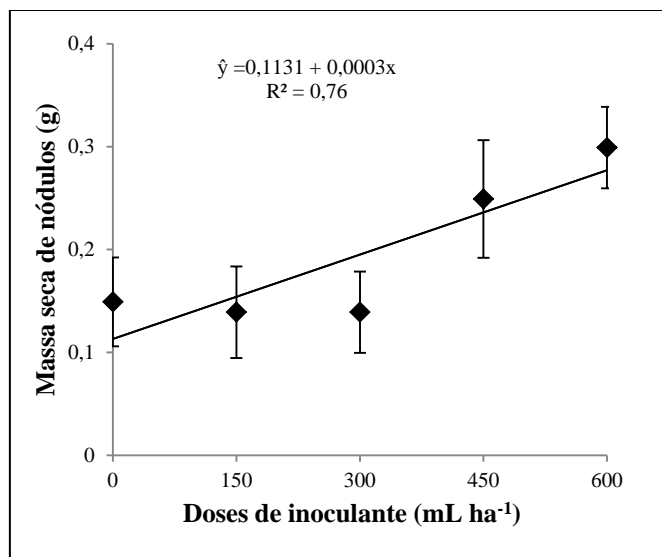


Zilli *et al.* (2010) objetivaram avaliar os benefícios da inoculação de *Bradyrhizobium* em pré-semeadura de soja, comparativamente a inoculação padrão, em área de primeiro cultivo de soja no município de Boa Vista (RR). Estes autores observaram que nos dois experimentos, à inoculação realizada com antecedência de cinco dias da semeadura proporcionou número e massa de nódulos estatisticamente igual à inoculação padrão. As médias do número de nódulos foram superiores a 20 por planta e a massa superior a 200 mg por planta. Conforme observado neste experimento para as cultivares TMG 133 RR e TMG 1179.

Brandelero *et al.* (2009) avaliando nove diferentes cultivares, verificaram entre 23,4 e 14,2 nódulos por plantas, valores próximos aos encontrados na cultivar TMG 132 RR, mas abaixo das outras duas cultivares.

Hennecka *et al.* (2015), avaliaram a eficiência da nodulação com aplicação de inoculante na cultura da soja, com e sem aplicação de N mineral, em casa de vegetação, no município de m Itapiranga (SC). Estes verificaram que nos tratamentos onde foi aplicado 200 kg ha<sup>-1</sup> de N, com inoculante (15,1 nódulos) e sem inoculante (5,4 nódulos) a nodulação foi drasticamente reduzida em comparação aos tratamentos onde não se aplicou N. De acordo com os mesmos, este resultado ocorreu provavelmente pelo fato do N mineral suprir grande necessidade de N da planta, fazendo com que a planta não necessite do N orgânico que é produzido pelos micro-organismos. A aplicação de N mineral determinou em média apenas 20% do número de nódulos na aplicação de inoculante e apenas 10% onde não houve aplicação de inoculante, comparando os dois dados com o tratamento onde não houve aplicação de N mineral e inoculante.

No entanto, apesar do número de nódulos ter respondido apenas nas cultivares TMG 133 RR e TMG 1179, a variável massa seca de nódulos, apresentou diferença significativa apenas entre as doses aplicadas de inoculante, ou seja, não apresentou diferença entre as cultivares e nem na interação ente cultivares e as doses de inoculante (Figura 4).



**Figura 4.** Massa seca de nódulos de três cultivares de soja TMG – 133 RR; TMG – 132 RR e TMG 1179 sob cinco doses de inoculante a base de *Bradyrhizobium japonicum* na semente. Sinop-MT, 2015.

Entretanto, pode-se verificar que apesar da cultivar TMG 132 RR não ter apresentado alterações relevantes na formação de novos nódulos em seu sistema radicular (Figura 3), esta cultivar compensou aumentando o tamanho dos nódulos, ou seja, ganhou massa por nódulos, fato este que demonstra que a cultivar tem uma resposta diferente quando comparada as cultivares TMG 133 RR e TMG 1179 inoculadas.

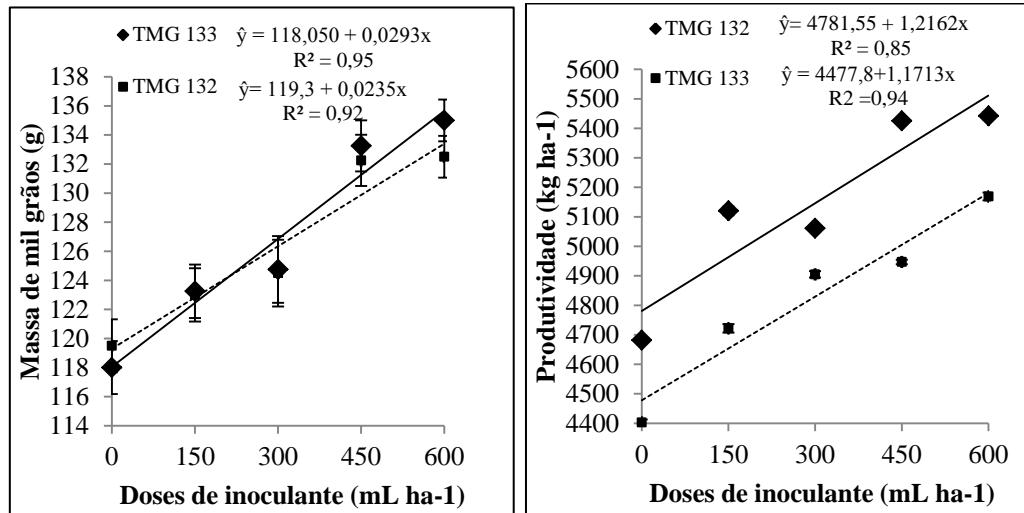
Segundo Brandelero *et al.* (2009) o tamanho dos nódulos é considerado como um dos parâmetros de eficiência desta estrutura na sua simbiose com a soja, podendo acarretar em uma maior eficiência na assimilação de N pelas plantas. Além disto, pode-se observar que houve um incremento na produtividade da cultivar TMG 132 RR, corroborando com as hipóteses levantadas anteriormente (Figura 5).

Com a colheita, verificou-se que não houve diferença estatística entre os tratamentos na variável número de grãos por vagem. Por outro lado a massa de mil grãos e a produtividade foram influenciadas pelos tratamentos. Para ambas as variáveis, verificou-se efeito significativo na interação entre as doses de inoculante e as cultivares.

Para as cultivares TMG 133 RR e TMG 132 RR, tanto na variável massa de mil grãos quanto na produtividade verificou-se efeito significativo. A massa de mil grãos aumentou linearmente nas cultivares TMG 132 RR e TMG 133 RR, tendo as duas cultivares comportamento muito semelhante entre si (Figura 5a).

A produtividade, assim como a massa de mil grãos, também teve comportamento linear crescente e pode-se verificar que a cultivar TMG 132 foi mais

produtiva que a TMG 133, atingindo na máxima dose de inoculante 5442 kg.ha<sup>-1</sup> (90 sc ha<sup>-1</sup>) na dose de 600 mL ha<sup>-1</sup>, enquanto a TMG 133 RR atingiu 5189 kg ha<sup>-1</sup> ou 86 sc ha<sup>-1</sup> (Figura 5b) e a TMG 1179 atingiu 3780 kg.ha<sup>-1</sup> ou 63 sc.ha<sup>-1</sup>.



**Figura 5.** a) Massa de mil grãos (g) b) produtividade (kg.ha<sup>-1</sup>) de três cultivares de soja TMG – 133 RR; TMG – 132 RR e TMG 1179, sob aplicação de cinco doses de inoculante a base de *Bradyrhizobium japonicum* na semente. Sinop-MT, 2015.

Esta diferença na produtividade entre as cultivares está associada principalmente ao ciclo que elas tiveram durante o experimento, que foi: TMG 132 RR de 120 dias, TMG 1179 de 102 dias e TMG 133 RR de 122 dias.

Estes aumentos na produtividade verificados nestas duas cultivares está intimamente correlacionado com a formação de nódulos, assim como o acúmulo de massa seca de parte área, uma vez que mais de 40% dos ganhos de rendimento de produtividade se correlacionaram com a nodulação e 36% com a massa seca das folhas de soja (BRANDELERO *et al.*, 2009).

## 5. CONCLUSÕES

A soja ocupa milhares de hectares do solo brasileiro. Além do seu potencial econômico, pela grande quantidade de soja cultivada, o interesse pela soja tem nascido em instituições, que estudam como aumentar a eficiência da produção da soja, de forma a não degradar de maneira tão intensa o meio ambiente.

A cultivar TMG 1179 RR, apresenta resposta à nodulação, mas esta não altera sua produtividade, mesmo em doses de 600 mL ha<sup>-1</sup>.

A cultivar TMG 132 RR não possui boa nodulação, mas foi mais produtiva do que a TMG 133 e TMG 1179 em áreas de primeiro ano de cultivo de soja. Esta cultivar apresentou uma produtividade de 90 sc ha<sup>-1</sup>, enquanto a cultivar TMG 133 RR produziu 86 sc ha<sup>-1</sup> e a TMG 1179 63 sc ha<sup>-1</sup>.

Estudos nesse sentido, como ao longo dos anos vêm sendo desenvolvidos pelas instituições de ensino, devem ser fomentados e incentivados.

## 6. REFERÊNCIAS

ABAG. Associação Brasileira do Agronegócio. **O futuro da soja nacional. Impactos socioeconômicos da Ferrugem Asiática na cadeia da soja nos próximos dez anos.** 2015. Disponível em: <<http://www.abag.com.br/media/images/0-futuro-da-soja-nacional---ieag---abag.pdf2014>>. Acesso em: 20 de dezembro de 2016.

ALBINO, U. B.; CAMPO, R.J. Efeito de fontes e doses de molibdênio na sobrevivência do *Bradyrhizobium* e na fixação biológica de nitrogênio em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.527-534, 2001.

ALVES, G. C. **Estudo da interação da bactéria BR11417 de *Herbaspirillum seropedicae* com plantas de milho.** 2011. 52f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, RJ. 2011.

ARAÚJO, A. S. F.; CARVALHO, E. M. S., **Fixação Biológica de Nitrogênio em Leguminosas**, Universidade Federal do Piauí, Pró- Reitoria de extensão Centro de Ciências Agrárias; Comunicado Técnico , n.11, p.1-4, 2006.

ARAÚJO, R. S.; HUNGRIA, M. **Fixação biológica do nitrogênio em soja. Microrganismos de importância agrícola.** Brasília: Embrapa, 1994. p. 9-90. 1994.

BARBOSA, FILHO, M.P.; CABUCCI, T.; MENDES, P.N. **Cultivo do Feijão Irrigado na Região Noroeste de Minas Gerais.** Brasília, 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoIrrigadoNoroesteMG/adubacao.htm#ap1>>. Acessado em: 23 de novembro de 2016.

BHUVANESWARI, T. V.; TURGEON, B. G.; BAUER, W. D. Early events in the infection of soybean by *Rhizobium japonicum*. **Plant Physiology. Rockville**, v.66, p. 1027-1031, 1980.

BISNETA. M. V. **Influência do tipo de crescimento, época e densidade de semeadura em caracteres morfoagronômicos de cultivares de soja.** 2015. 76 p. Dissertação pós-graduação em genética melhoramento de plantas). Universidade Federal de Goiás. Goiânia, GO, 2015.

BORKERT, C. M.; YORINORI, J. T.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; ALMEIDA, A. M. R.; FERREIRA L. P.; SFREDO, G. J. **Seja o doutor da sua soja.** Informações Agronômicas, n.66 - Encarte: Arquivo do Agrônomo, n.5. p.1-16. 1994.

BRANDELERO, 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. 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Produção Vegetal. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009.

BUCHER, C. A.; REIS, V. M. Biofertilizante contendo bactérias dizotróficas. Eds. REIS, V. M. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 17 p. 2008. (Documentos 247)

CABALLERO, S. S. U. Fixação Biológica de Nitrogênio. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica**. Brasília: AGEITEC, 2015. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_31\\_711200516717.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_31_711200516717.html)>. Acesso em: 01 de dezembro de 2016.

CÂMARA, G. M. de S. Fixação Biológica de Nitrogênio em soja. Piracicaba: Londrina: INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE - BRASIL, 2014. 9p. (IPNI-BRASIL. Informações Agronômicas, 147).

CAMPANHOLA, C.; LUIZ, A. J. B.; RODRIGUES, G. (1997). Agricultura e impacto ambiental. In: Simpósio sobre os Cerrados do Meio Norte, 1., 1997, Teresina. **Anais..** Teresina: EMBRAPA, CPAMN. p. 159 – 169. 1997.

CATTELAN, A. J.; HUNGRIA M. Nitrogen nutrition and inoculation. In: FAO (ed.) **Tropical soybean – improvement and production**. Rome: FAO,1994.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileira: grãos. **Décimo levantamento**, julho 2014 – safra 2013/2014. Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília: Conab, 2014.

CORREIA, N.M.; DURIGAN, J.C. Emergência de plantas daninhas em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p. 11-17, 2004.

COSTA, J. A. **Cultura da soja**. Porto Alegre: Evangraf. 233p. 1996.

DEAKER, R.; ROUGHLEY, R.; KENNEDY, I. Legume seed inoculation technology - a review. **Soil Biology and Biochemistry**, v.36, n. 8, p. 1275-1288, 2004.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA, 2006. 306p.

EMBRAPA SOJA. **Tecnologias de produção de soja região central do Brasil 2005**. Londrina. PR, 2004.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção da soja** – Região central do Brasil 2003. Londrina: EMBRAPA SOJA – CNPSO, 2002. 199p.

FALEIRO, F. G.; ANDRADE, S. R. M.; REIS JUNIOR, F. B. Fixação Biológica de Nitrogênio: uma revolução na agricultura. In: FALEIRO, Fábio Gelape; ANDRADE, Solange; JUNIOR, Fábio Bueno. **Biotecnologia estado da arte e aplicações na agropecuária**. Planaltina,- DF: Embrapa Cerrados, 2011. P. 247-281.

FERREIRA, E.; NOGUEIRA, M. A.; FUKAMI, J.; CONCEIÇÃO, R. B.; HUNGRIA, M. Nova legislação, recomendação de doses de inoculantes e pré-inoculação: riscos ao sucesso da contribuição da fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja. In: Resumos da XXXII Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil. **Anais..** São Pedro, SP. 2011.

GERAHTY, N.; CAETANO-ANOLLTS, G.; JOSHI, P. A. ; GRESSHOFF, M. P. Anatomical analysis of nodule development in soybean reveals an additional autoregulatory control point. **Plant Science**, v.58, p.1-7. 1992.

GRAHAM, P. H.; TEMPLE, S. R. Selection for improved nitrogen fixation in *Glycine max* (L.) Merr.; *Phaseolus vulgaris* L. **Plant and Soil**, v. 82 p. 315-327. 1984.

HENNECK, J.; KUNST, G.; PAVAN, D.; KLEIN, R.; ZAMBIAZI, M.; HAHN, L.; FELDMANN, N. A.; ROGERI, D. Nodulação e crescimento de plantas de soja com uso de inoculante associado a aplicação de nitrogênio, inseticida e fungicida na semente. In: II SIMPÓSIO DE AGRONOMIA E TECNOLOGIA EM ALIMENTOS. **Anais..** Itapiranga – SC. 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: Embrapa Cerrados, 80p. 2007.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. V. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. p. 1-48. 2001.

- HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **Fixação biológica de nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 48p. 2001.
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; NOGUEIRA, M. A. A pesquisa em Fixação Biológica do Nitrogênio na Embrapa Soja: passado, presente e perspectivas futuras. In: Anais da XVI Relare. **Anais..** Londrina: 2012.
- 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.; NEWTON, W. E. (Ed.). **Nitrogen fixation in agriculture: forestry ecology and environment**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p.25-42. 2005.
- HYMOWITZ, T. On the domestication of the soybean. **Economic Botany**. Bronx, v. 24, p. 421-480, 1970.
- JORDAN, D. C. Family III Rhizobiaceae CONN 1939, 321<sup>AL</sup>. In: KRIEG, N. R.;
- HOLT, J. G. (Eds.), **Bergey's Manual of Systematic Bacteriology**. Baltimore: William and Wilkins, p.235-244. 1984.
- KAMICKER, B. J.; BRILL, W. J. Identification of Bradyrhizobium japonicum nodule isolates from Wisconsin soybean farms. **Applied and Environmental Microbiology**, v.51, n.3, p.487-492, 1986.
- KASTER, M.; BONATO, E.R. Contribuição das ciências agrárias para o desenvolvimento da pesquisa em soja. **Revista de Economia Rural**, v.18, n.3, p.415-434, 1980.
- KNEIP, C., LOCKHART, P., VOß, C., MAIER, U-G. Nitrogen fixation in eukaryotes – New models for symbiosis. **BMC Evolutionary Biology**. vol. 7. 55 p. 2007.
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa Nº 13, de 24/03/2011**. 2011. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis/>>. Acesso em: 02 de dezembro de 2016.
- MATA, F. de S. D. da; ALMEIDA, J. A. R.; REIS, T. C.; SOUZA, D. S.; ITHANA, M. dos S. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**. v. 5, n. 2, p. 15- 22, 2011.
- MENDES, I. C.; HUNGRIA, M; VARGAS, M. A. T. **Resposta da soja à adubação nitrogenada na semeadura, em sistemas de plantio direto e convencional na região do cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2000. 15p. (Boletim de Pesquisa, 12).



NUNES, F. S.; RAIMONDI, A. C.; NIEDWIESKI, A. C. Fixação de nitrogênio: estrutura, função e modelagem bioinorgânica das nitrogenases. **Química Nova**. São Paulo, v. 26, n. 6, p. 872-879, 2003.

OLIVEIRA JUNIOR, A.; PROCHNOW, L. I. KLEPKER, D. Soybean yield in response to application of phosphate rock associated with triple superphosphate. **Scientia Agricola**, v. 68, p. 376-385, 2011.

PEREIRA, C. S.; FRANCISCO BUOSI, I.; ZONTA, L. H.; LANGE, A.; FIRORINI, I. V. Doses de inoculante *Bradyrhizobium japonicum* em três cultivares de soja no Norte de Mato Grosso. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v.09, n.01, p.76 – 88, jan/abr. 2016.

REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina**. 2002/2003. Cruz Alta, FUNDACEP/FECOTRIGO, 2002. 139p.

ROCHA, A. Cultura da soja: a importância da prática da inoculação. **Portal Agropecuário**. 2013. Disponível em: <<http://www.portalagropecuário.com.br/agricultura/cultura-da-soja-a-importancia-da-pratica-da-inoculacao/>>. Acesso em: 01 de dezembro de 2016.

ROCKENBACH, A. P. e DE CAMPOS, B. C. **Influência de diferentes doses de nitrogênio sobre nodulação e produtividade de grãos da soja**, Rio Grande do Sul, 2010. Disponível em: <[http://www.unicruz.edu.br/15\\_seminario/seminario\\_2010/CCAET/INFLU%C3%8ANCIA%20DE%20DIFERENTES%20DOSES%20DE%20NITROG%C3%8ANIO%20SOBRE%20NODULA%C3%87%C3%83O%20E%20PRODUTIVIDADE%20DE%20GR%C3%83OS%20DE%20SOJA.pdf](http://www.unicruz.edu.br/15_seminario/seminario_2010/CCAET/INFLU%C3%8ANCIA%20DE%20DIFERENTES%20DOSES%20DE%20NITROG%C3%8ANIO%20SOBRE%20NODULA%C3%87%C3%83O%20E%20PRODUTIVIDADE%20DE%20GR%C3%83OS%20DE%20SOJA.pdf)>. Acesso em: 03 de dezembro de 2016.

SANTOS, F. C. dos; NEVES, J. C. L; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; SEDIYAMA, C. S. Modelagem da recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 32, p. 1661-1674. 2008.

SCHUBERT, K. R. Products of biological nitrogen fixation in higher plants: synthesis, transport and metabolism. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 37, p. 539-574. 1986.

SEAB. SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO DO PARANÁ. **Soja: Análise da conjuntura agropecuária**. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná – Curitiba: SEAB, 2012.

VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. **Fixação biológica do nitrogênio em feijoeiro.** Edição Biologia dos Solos dos Cerrados. Embrapa-CPAC, Planaltina. p.189-295. 2007.

VIEIRA NETO, S. A.; PIRES, F. R.; MENEZES, C. C. de E.; MENEZES, J. F. S.; SILVA, A. G. da; SILVA, G. P.; ASSIS, R. L. de. 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.

WILLIAMS, L.E.; MILLER, A. J. Transporters responsible for the uptake and partitioning of nitrogenous solutes. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**. 52: 659 – 688. 2001.

YUSUFI, R. I.; SIEMENS, J. C.; BULLOCK, D. G. Growth analysis of soybean under no-tillage conventional tillage systems. **Agronomy Journal**, Madison, v. 91, p.928-933, 1999.

ZILLI, J. E.; CAMPO, R. J.; HUNGRIA, M. Eficácia da inoculação de *Bradyrhizobium* em pré-semeadura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.3, p.335-338, mar. 2010.

ZUBERER, D. A. Recovery and enumeration of viable bacteria. In: WEAVER, R. W.; ANGLE, J. S.; BOTTOMLEY, P. S. (Ed). **Methods of soil analysis: pt 02 - Microbiological and Biochemical Properties**. Madison: SSSA. 1121p. 1994.