UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE RONDONÓPOLIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

MILLY SIQUEIRA CARDINAL DE ALMEIDA

# AMENDOIM INOCULADO COM ESTIRPES DE RIZÓBIO EM LATOSSOLO DO CERRADO MATO-GROSSENSE

RONDONÓPOLIS - MT
2017

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO**
**CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE RONDONÓPOLIS**
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS**
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**MILLY SIQUEIRA CARDINAL DE ALMEIDA**

# AMENDOIM INOCULADO COM ESTIRPES DE RIZÓBIO EM LATOSSOLO DO CERRADO MATO-GROSSENSE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Mato Grosso, Câmpus de Rondonópolis, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Salomão Lima Guimarães

**RONDONÓPOLIS - MT**
**2017**

**FICHA CATALOGRÁFICA**

**Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.**

S618a Cardinal de Almeida, Milly Siqueira.
AMENDOIM INOCULADO COM ESTIRPES DE RIZÓBIO EM LATOSSOLO DO CERRADO MATOGROSSENSE
/ Milly Siqueira Cardinal de Almeida. – 2017 74 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Salomão Lima Guimarães.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Rondonópolis, 2017.

Inclui bibliografia.
1. Arachis hypogaea L.. 2. Rhizobium. 3. Nitrogênio.

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

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE RONDONÓPOLIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO: AMENDOIM INOCULADO COM ESTIRPES DE RIZÓBIO EM LATOSSOLO DO CERRADO MATO-GROSSENSE**

AUTORA: MILLY SIQUEIRA CARDINAL DE ALMEIDA

Dissertação defendida e aprovada em 24 de fevereiro de 2017.

---

Presidente da Banca / Orientador: Doutor Salomão Lima Guimarães
Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso

Examinadora Interna: Doutora Edna Maria Bonfim-Silva
Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso

Examinador Externo: Doutor Helon Hébano de Freitas Sousa
Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso – PNPD/ CAPES

Rondonópolis - MT, 24 de fevereiro de 2017.

Ao meu companheiro Kleber Paulino, minha filha Maria Antonia
e aos meus pais Antonia e Colombo

Dedico

**AGRADECIMENTOS**

A Deus que sempre ilumina os caminhos que percorremos.

À Universidade Federal do Mato Grosso – Câmpus de Rondonópolis, MT, através do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade da realização deste treinamento.

Ao meu companheiro de vida, Kleber Paulino de Almeida que nunca duvidou da minha capacidade e foi meu maior incentivador na realização do curso de mestrado.

Ao orientador Prof. Dr. Salomão Lima Guimarães pela liberdade proporcionada na condução da pesquisa, pela confiança e respeito profissional, pela amizade e apoio sempre presentes na execução deste trabalho.

À professora Dr$^{a}$. Edna Maria Bonfim-Silva, pelo auxílio prestado em todos os momentos de dúvida.

Ao coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola professor Dr. Tonny José Araújo da Silva pela dedicação ao programa e aos seus discentes.

Aos colegas, Andressa, Adriano, Camila, Carina, Éllen, Hamilton, Marcos, Pablo, Willian, Zie, Maria Débora, Vinícius, Alessana e Éder que cada um ao seu modo contribuiu na realização desse trabalho e dividiram seus medos e anseios ao longo desta jornada.

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pelo empenho.

A CAPES pelo apoio financeiro para o desenvolvimento dessa pesquisa.

“Quanto mais aumenta nosso conhecimento, mais evidente fica nossa ignorância”.

(John F. Kennedy)

## RESUMO

## AMENDOIM INOCULADO COM ESTIRPES DE RIZOBIO EM LATOSSOLO DO CERRADO MATO-GROSSENSE

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.), é bastante utilizado na alimentação humana, consumido mundialmente, tem alto valor nutricional e energético contém cerca de 40 a 50% de óleos insaturados. Por ser uma leguminosa, consegue a maior parte de nitrogênio diretamente da atmosfera, por meio da Fixação Biológica de Nitrogênio, que é a associação dessa planta com bactérias conhecidas como rizóbios. A técnica de inoculação de sementes de amendoim com essas bactérias tem sido responsável por expressivas economias nos custos, assim como maior sustentabilidade na produção agrícola, pois promove a redução do uso de adubos minerais nitrogenados. Avaliou-se nesse trabalho a eficiência da inoculação de estirpes de rizóbios sobre o desenvolvimento das plantas de amendoim, e seu efeito na nodulação ao longo de três camadas do solo (0-10 cm, 10-20 cm e 20-30cm). A condução desse ensaio ocorreu em casa de vegetação na Universidade Federal do Mato Grosso, Câmpus Universitário de Rondonópolis-MT. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com seis tratamentos e seis repetições, os quais se constituíram de três estirpes de rizóbios (MT08 e MT15 - *Rhizobium tropici*, e MT16 - *R. leguminosarum*), um inoculante comercial (SEMIA 6144) e duas testemunhas, sendo uma absoluta (sem inoculação e sem adubação nitrogenada) e outra nitrogenada (somente nitrogênio – 50 mg $dm^{-3}$ de ureia). Analisaram-se as variáveis altura das plantas, índice de clorofila Falker aos 30 e 50 dias após emergência (DAE) número de nódulos, massa seca de nódulos, massa seca de grãos, massa seca da parte aérea, massa seca de raízes, massa seca total, N-total da parte aérea e grãos, proteína bruta dos grãos. Os resultados foram submetidos à análise de variância e os tratamentos comparados por meio de contraste ortogonal pelo programa estatístico SISVAR. O amendoim respondeu significativamente aos tratamentos com inoculante proveniente das estirpes de rizóbios, sendo as melhores médias obtidas com a estirpe MT15 nas variáveis índice de clorofila Falker (aos 30 dias após emergência), número de nódulos, massa seca da parte aérea, massa seca das raízes, massa seca total, acúmulo de nitrogênio nos grãos e eficiência relativa. Nas variáveis massa seca de nódulos e peso de 100 sementes, a estirpe que apresentou melhor desempenho foi a MT16. Para o índice de clorofila Falker (aos 50 dias após emergência), acúmulo de nitrogênio na parte aérea, concentração de nitrogênio nos grãos e teor de proteína bruta dos grãos, as plantas adubadas com nitrogênio mineral apresentaram desempenho superior aos demais tratamentos. O número de nódulos, a massa seca de nódulos e a massa seca das raízes analisadas separadamente por camada, demonstraram maiores valores na camada de 0-10 cm. Concluiu-se que as estirpes apresentaram potencial para utilização como inoculante para amendoim especialmente a MT15, e que a maior parte da nodulação ocorre nas duas primeiras camadas de 0-10cm e 10-20cm de profundidade.



**Palavras – chave:** *Arachis hypogaea* L; *Rhizobium;* Nitrogênio

## ABSTRACT

### PEANUT INOCULATED WITH RIZOBIO STRAINS IN OXISOL OF CERRADO MATO-GROSSENSE

Peanut (Arachis hypogaea L.), is widely used in human consumption, consumed worldwide, has high nutritional value and energy can around 40 to 50% of unsaturated oils. Because it is a legume, it obtains greater part of nitrogen the atmosphere, through the Biological Fixation of Nitrogen, which is the association, these plants with bacteria known as rhizobia. The technique of inoculating peanut seeds with bacteria has been responsible for significant cost savings, as well as greater sustainability in agricultural production, to reduce the use of nitrogenous fertilizers. Was evaluated the effectiveness of inoculation of rhizobia strains on the development of peanut plants and their effect on nodulation along three soil layers (0-10 cm, 10-20 cm and 20-30 cm) were evaluated in this work. The conduction of this essay occurred in a greenhouse at the Federal University of Mato Grosso, University Campus of the Rondonópolis-MT. The experimental design was completely randomized with six treatments and six replicates, consisting of three strains of rhizobia (MT08 and MT15 - *Rhizobium tropici*, and MT16 - *R. leguminosarum*), one commercial inoculant (SEMIA 6144) and two controls. An absolute witness (without fertilization) and another with nitrogen fertilization (50 mg $dm^{-3}$ of urea). The variables height of the plants, Falker chlorophyll index at 30 and 50 days after emergence (DAE), number of nodules, dry mass of nodules, dry mass of grains, sheet dry mass, dry mass of roots, dry mass Total, N-total sheet and grains, crude protein of the grains. The results were submitted to analysis of variance and the treatments were compared using orthogonal contrast using the statistical program SISVAR. Peanut significantly responded to treatments with inoculant from the rhizobia strains, the best being obtained with the MT15 strain in the variables Falker chlorophyll index (at 30 days after emergence), number of nodules, shoot dry mass, dry mass of Roots, total dry mass, nitrogen accumulation in the grains and relative efficiency. In the variables dry mass of nodules and weight of 100 seeds, the strain that presented better performance was the MT16. For the Falker chlorophyll index (50 days after emergence), nitrogen accumulation in the aerial part, nitrogen concentration in the grains and crude protein content of the grains, the plants fertilized with mineral nitrogen presented superior performance to the other treatments. The number of nodules, dry mass of nodules and dry mass of roots analyzed separately per layer showed higher values in the 0-10 cm layer. It was concluded that the strains showed potential for use as an inoculant for peanuts, especially MT15, and that most of the nodulation occurs in the first two layers of 0-10cm and 10-20cm in depth.



**Key words:** *Arachis hypogaea* L.; *Rhizobium*; Nitrogen

**SUMÁRIO**


**1. INTRODUÇÃO ..... 14**

**2. REVISÃO DE LITERATURA ..... 16**

**2.1. AMENDOIM ..... 16**
**2.2 NITROGÊNIO ..... 18**
**2.3 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO ..... 21**

**3. MATERIAL E MÉTODOS ..... 24**

**3.1 LOCALIZAÇÃO ..... 24**
**3.2. INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO ..... 25**
**3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS ..... 28**
**3.3. MATERIAL BIOLÓGICO E INOCULAÇÃO ..... 29**
**3.4. VARIÁVEIS ANALISADAS ..... 29**
**3.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA ..... 31**

**4. RESULTADOS E DISCUSSÃO ..... 32**

**4.1 ALTURA DE PLANTAS ..... 32**
**4.2 ÍNDICE DE CLOROFILA FALKER ..... 34**
**4.3 NÚMERO DE NÓDULOS POR CAMADA ..... 38**
**4.4. NÚMERO DE NÓDULOS TOTAL ..... 40**
**4.5. MAsSA SECA DE NÓDULOS POR CAMADA ..... 43**
**4.6. MASSA SECA TOTAL DE NÓDULOS ..... 44**
**4.7. MASSA SECA DA PARTE AÉREA ..... 46**
**4.8. MASSA SECA DE RAÍZES ..... 48**
**4.9. MASSA SECA TOTAL ..... 50**
**4.10. PESO DE 100 SEMENTES ..... 51**
**4.11. ACÚMULO E cONCENTRAÇÂO DE NITROGÊNIO PARTE AÉREA ... 53**
**4.12. ACÚMULO NITROGÊNIO NOS GRÃOS ..... 56**
**4.13.CONCENTRAÇÂO DE NITROGÊNIO E TEOR DE PROTEÍNA NOS GRÃOS ..... 58**
**4.14. EFICIÊNCIA RELATIVA DAS ESTIRPES DE RIZÓBIO ..... 61**

**5. CONCLUSÕES ..... 63**

**6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 64**

## LISTA DE FIGURAS

**FIGURA 1- PRODUÇÃO MATO-GROSSENSE DE AMENDOIM REFERENTE A SAFRA DE 2015 (IBGE 2016)..... 18**
**FIGURA 2. LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE RONDONÓPOLIS NO ESTADO DE MATO GROSSO, E O SEU PERÍMETRO URBANO. ..... 24**
**FIGURA 3. TEMPERATURA MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA (A) E RADIAÇÃO MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA (B) OBSERVADAS DURANTE O PERÍODO DE CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO EM CASA DE VEGETAÇÃO. ..... 25**
**FIGURA 4. COLETA (A), TRIAGEM POR PROFUNDIDADE (B), ACONDICIONAMENTO (C) E PENEIRAMENTO (D) DO SOLO. ..... 26**

## LISTA DE TABELAS

**TABELA 1. ANÁLISES QUÍMICAS E GRANULOMÉTRICAS NAS CAMADAS COM PROFUNDIDADES DE 0-10, 10-20, 20-30CM DO LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO. 27**
**TABELA 2. CONTRASTES UTILIZADOS PARA ANÁLISE ESTATÍSTICA..... 31**
**TABELA 3. ALTURA DE PLANTAS DE AMENDOIM INOCULADAS COM ESTIRPES DE RIZÓBIOS E CULTIVADAS EM LATOSSOLO VERMELHO..... 32**
**TABELA 4. ÍNDICE DE CLOROFILA FALKER OS 30 DIAS APÓS EMERGÊNCIA DE PLANTAS DE AMENDOIM INOCULADAS COM ESTIRPES DE RIZÓBIOS E CULTIVADAS EM LATOSSOLO VERMELHO..... 34**
**TABELA 5. ÍNDICE DE CLOROFILA FALKER AOS 50 DIAS APÓS EMERGÊNCIA DE PLANTAS DE AMENDOIM INOCULADAS COM ESTIRPES DE RIZÓBIOS E CULTIVADAS EM LATOSSOLO VERMELHO..... 37**
**TABELA 6. NÚMERO DE NÓDULOS DE AMENDOIM INOCULADO COM ESTIRPES DE RIZÓBIOS EM FUNÇÃO DE DIFERENTES CAMADAS DE LATOSSOLO VERMELHO ..... 38**
**TABELA 7. NÚMERO DE NÓDULOS POR TRATAMENTO NAS DIFERENTES CAMADAS, EM PLANTAS DE AMENDOIM INOCULADO COM ESTIRPES DE RIZÓBIOS E CULTIVADO EM LATOSSOLO VERMELHO..... 39**
**TABELA 8. NÚMERO DE NÓDULOS TOTAL EM PLANTAS DE AMENDOIM INOCULADO COM ESTIRPES DE RIZÓBIOS E CULTIVADO EM LATOSSOLO VERMELHO. ..... 40**
**TABELA 9. MASSA SECA DE NÓDULOS EM PLANTAS DE AMENDOIM INOCULADO COM ESTIRPES DE RIZÓBIOS E CULTIVADO EM LATOSSOLO VERMELHO. ..... 43**
**TABELA 10. MASSA SECA TOTAL DE NÓDULOS EM PLANTAS DE AMENDOIM INOCULADAS COM ESTIRPES DE RIZÓBIOS E CULTIVADAS EM LATOSSOLO VERMELHO 45**
**TABELA 11. MASSA SECA DE PARTE AÉREA DE PLANTAS DE AMENDOIM INOCULADAS COM ESTIRPES DE RIZÓBIOS E CULTIVADAS EM LATOSSOLO VERMELHO. ..... 46**
**TABELA 12. MASSA SECA DE RAÍZES DE PLANTAS DE AMENDOIM INOCULADAS COM ESTIRPES DE RIZÓBIOS E CULTIVADAS EM LATOSSOLO VERMELHO. ..... 49**
**TABELA 13.. MASSA SECA TOTAL DE PLANTAS DE AMENDOIM INOCULADAS COM ESTIRPES DE RIZÓBIOS E CULTIVADAS EM LATOSSOLO VERMELHO. ..... 50**
**TABELA 14. PESO DE 100 SEMENTES DE PLANTAS DE AMENDOIM INOCULADAS COM ESTIRPES DE RIZÓBIOS E CULTIVADAS EM LATOSSOLO VERMELHO ..... 52**
**TABELA 15. ACÚMULO E CONCENTRAÇÃO DE NITROGÊNIO NA PARTE AÉREA DE PLANTAS DE AMENDOIM INOCULADAS COM ESTIRPES DE RIZÓBIOS EM LATOSSOLO VERMELHO..... 55**
**TABELA 16.ACÚMULO DE NITROGÊNIO NOS GRÃOS DE AMENDOIM INOCULADO COM ESTIRPES DE RIZÓBIOS EM LATOSSOLO VERMELHO. ..... 57**
**TABELA 17. CONCENTRAÇÃO DE NITROGÊNIO E TEOR DE PROTEÍNA NOS GRÃOS EM PLANTAS DE AMENDOIM INOCULADAS COM ESTIPES RIZÓBIOS EM LATOSSOLO VERMELHO..... 60**

**TABELA 18. EFICIÊNCIA RELATIVA DAS ESTIRPES DE RIZÓBIOS INOCULADOS EM PLANTAS DE AMENDOIM EM LATOSSOLO VERMELHO ..... 61**

## 1. INTRODUÇÃO

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é uma das leguminosas mais utilizadas na alimentação humana. É um grão com alto valor nutricional agregado, pois possui cerca de 40 a 50% de óleos insaturado e rico em proteínas, podendo ser consumido de diversas formas desde “in natura”, torrado ou cozido, até nos mais variados pratos (KASAI & DEUBER, 2011).

É uma oleaginosa cultivada em vários países do mundo, onde os maiores produtores também são os maiores consumidores, dentre eles destacam-se a China, Índia e Estados Unidos (JOÃO & LOURENZANI, 2011).

No Brasil, é cultivado principalmente nas regiões Sudeste, Sul, Centro-Oeste e Nordeste, sendo o Estado de São Paulo o maior produtor e responsável por cerca de 90% da produção nacional (BRASIL, 2016).

Conforme Bolonhezi (2005), o amendoim é uma cultura com baixo requerimento nutricional, quando comparada a outros cereais, pois extrai quantidades menores de macronutrientes primários (nitrogênio, fósforo e potássio).

O amendoim por ser uma leguminosa que associada às bactérias diazotróficas realiza a fixação biológica de nitrogênio (FBN), pode ser considerado como adubo verde natural, que ao ser incorporado no solo promove a melhoria da qualidade do solo (SILVA et al., 2009).

Os benefícios dos processos ecológicos desempenhados por esses micro-organismos por meio da FBN, do controle biológico, da promoção de crescimento vegetal e da solubilização de nutrientes, têm contribuído para aumentar a sustentabilidade dos sistemas agrícolas (MARTINS et al., 2003).

Essa tecnologia promove uma produção agrícola considerada mais limpa, pois promove a redução do uso de fertilizantes nitrogenados de origem mineral, os quais demandam uma enorme produção de gases de efeito estufa durante a sua fabricação. Além disso, a FBN tem se mostrado indispensável para a sustentabilidade da agricultura brasileira, haja vista o fornecimento de nitrogênio às culturas com baixo custo econômico e impacto ambiental reduzido (HUNGRIA et al., 2007).

Considerando-se a demanda de informações em relação à cultura do amendoim no estado de Mato Grosso e mesmo havendo vários benefícios consequentes da adoção de inoculantes como fonte suplementar de nitrogênio, essa prática ainda não é comum nessa cultura, possivelmente pela escassez de pesquisas na área.

Desse modo, a hipótese para esse trabalho é que a seleção de rizóbios com potencial para a FBN pode contribuir para o desenvolvimento e a diminuição no uso de fertilizantes nitrogenados aplicados na cultura do amendoim.

Assim, avaliou-se a eficiência da inoculação de estirpes de rizóbios sobre o desenvolvimento das plantas de amendoim, e seu efeito na nodulação ao longo de três camadas do solo (0-10 cm, 10-20 cm e 20-30cm).

# 2. REVISÃO DE LITERATURA

## 2.1. AMENDOIM

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) integra o gênero *Arachis* (família Fabaceae, subfamília Papilionaceae) que engloba mais de 70 espécies (KRAPOVICKAS & GREGORY, 1994).

Essa leguminosa é originária da América do Sul, e do ponto de vista agronômico, é uma excelente espécie para rotação de culturas, sendo bastante viável como cultura intercalar. É uma boa aproveitadora de adubo residual tendo, além disso, capacidade de fixar nitrogênio atmosférico pela associação com bactérias do gênero *Rhyzobium* (DURIGAN et al., 1991).

O amendoim tem como característica típica a produção de frutos subterrâneos a geocarpia. Conforme Jacobs, 1947, a transferência do ovário de sua posição aérea original pra uma posição final hipógea, é acompanhada pelo crescimento e geotropismo positivo de uma estrutura chamada ginóforo, que é formado a partir de um curto pedúnculo ovariano, o qual se torna ativo após polinização e penetra no solo para o desenvolvimento da vagem.

A planta de amendoim é neutra, ou seja, não há efeito do fotoperíodo nas plantas, em condições de campo a luz não é um fator limitante para a fotossíntese, porém para que se tenha o desenvolvimento normal dos frutos faz-se necessário a ausência de luz. É uma herbácea, ereta ou prostrada, anual, atingindo altura da haste principal entre 50 a 60 cm. Possui crescimento indeterminado, apresentando simultaneamente, a formação de estruturas vegetativas e reprodutivas durante seu ciclo fenológico (NOGUEIRA & TÁVORA, 2005).

O amendoim é considerado a quarta maior cultura oleaginosa no mundo, com 10% do total da safra mundial de oleaginosas, estando atrás da soja, algodão e canola. A produção mundial ultrapassa 30 milhões de toneladas, e as áreas de cultivo distribuem-se em diversos continentes (SANTOS et al., 2011).

Os Estados Unidos e a China, além de produtores, são grandes consumidores de amendoim como alimento. Juntos consomem cerca de três milhões de toneladas. Nos Estados Unidos, além de outras utilizações em confeitaria, cerca de 500 mil toneladas são destinadas especificamente à

fabricação da pasta ou manteiga de amendoim (“peanut butter”), consumida diariamente em sanduíches, em substituição a manteigas ou margarinas convencionais (GODOY, 2005).

Cultivado em todo o Brasil devido a sua boa adaptabilidade às diversas condições edafoclimáticas, apresenta vantagens como cultura de ciclo curto e baixo custo de produção, podendo ser consorciado ou rotacionado com outras culturas (SILVA, 2007).

Na década de 60 o Brasil ocupava a posição de grande produtor mundial de amendoim. Os estados de São Paulo e Paraná destacavam-se no suprimento do mercado interno de óleo de amendoim, bem como, na exportação do seu farelo. Nos anos 70 ocorreu um declínio da produção de amendoim, marcado pela baixa rentabilidade econômica da cultura por fatores tecnológicos, assim como pela introdução da soja que dominou a produção de óleos e dos subprodutos proteicos (MARTINS, 2010).

No final dos anos 90, a cadeia de produção do amendoim, buscou caminhos para retomar e fortalecer a produção e, nesse momento ocorreu uma mudança com a introdução de novas técnicas de manejo como a secagem artificial, o armazenamento controlado além do estabelecimento de competências capazes de produzir um grão de qualidade. Resultando assim, no ganho em produtividade agrícola, atendendo ao exigente consumidor europeu (VICENTE & SAMPAIO, 2013).

O estado de São Paulo é responsável por quase 90% da produção nacional, fixada em torno de 376,8 mil toneladas. Segundo a CONAB (2016), houve um crescimento em torno de 2,6% na área cultivada com amendoim no estado, em relação a safra 2015/2016. .

A produção nacional visa atender principalmente os mercados de consumo *in natura* e de alimento. Mas com o crescimento de demandas por culturas oleaginosas para alimentar o mercado oleoquímico no segmento comestível ou combustível, na ultima década, houve também uma reabertura para o óleo de amendoim, que tem sido abastecido por cultivares do tipo runner que possuem maior teor de óleo (SANTOS et al., 2013).

No Mato Grosso a produção de amendoim ainda é pequena quando comparada a outros estados, sendo o maior produtor o município de Barra dos

Bugres com 444 toneladas na safra de 2015, e ainda produziu-se nos municípios de Juína, Diamantino, Aripuanã e Cotriguaçu conforme IBGE 2015 (Figura 1).

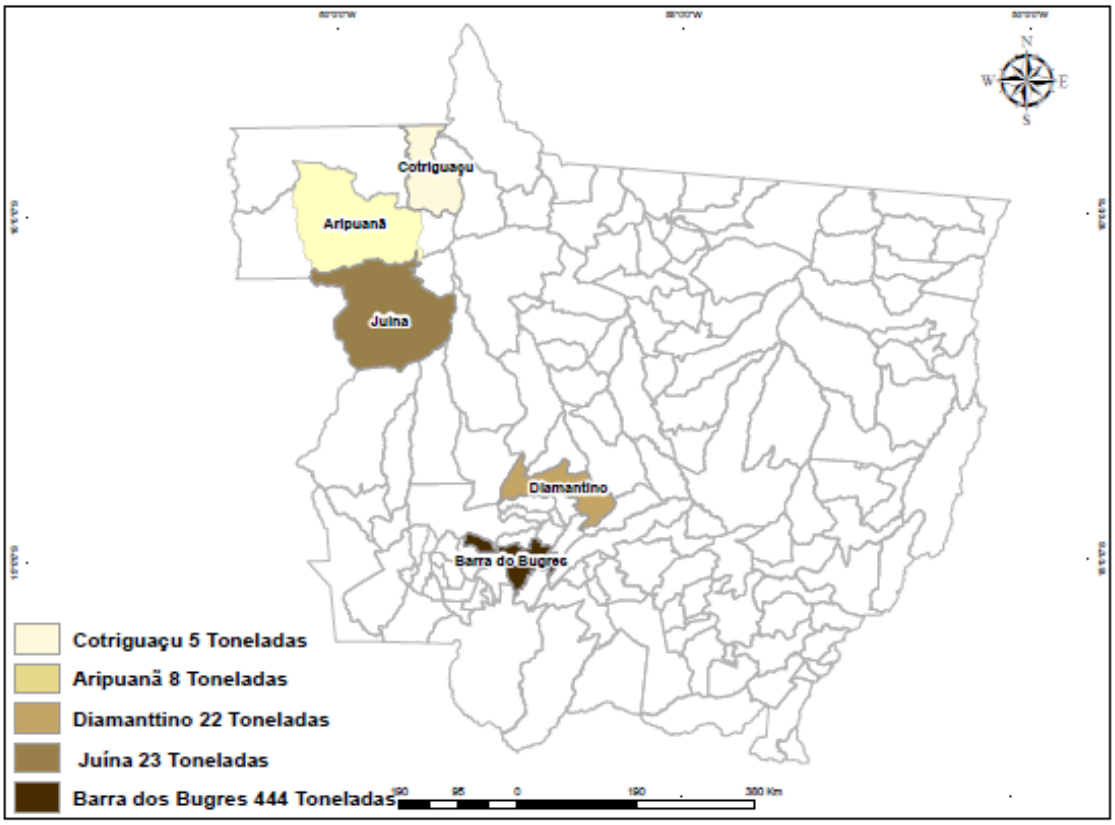


Figura 1- Produção mato-grossense de amendoim referente a safra de 2015 (IBGE 2016).

## 2.2 NITROGÊNIO

O nitrogênio é o macronutriente requerido pelas plantas em maior quantidade, pode representar de 10 a 40 g $kg^{-1}$ da massa seca dos tecidos vegetais, sendo componente de muitos compostos essenciais aos processos de crescimento vegetal (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Também é o nutriente absorvido em quantidades mais elevadas pela maior parte das culturas, e entre as deficiências nutricionais que ocorrem nas culturas, a de nitrogênio é a mais frequente (KLUTHCOUSKI et al., 2006).

Além de ser o constituinte de vários compostos em plantas, destacando-se os aminoácidos, ácidos nucléicos e clorofila, as principais reações bioquímicas em plantas e micro-organismos envolvem a presença do nitrogênio,

o que o torna um dos elementos absorvidos em maiores quantidades por plantas cultivadas. (CANTARELLA, 2007)

A maior parte do nitrogênio está na atmosfera sob forma de gás $N_2$ que se encontra de maneira estável devido à presença de uma forte tripla ligação entre as duas moléculas de nitrogênio (REIS; TEIXEIRA, 2005), impossibilitando que animais e plantas o metabolizem em sua forma gasosa. Para isso, é necessário que a tripla ligação seja rompida e o nitrogênio esteja na forma de íon amônio (MOREIRA et al., 2010).

Os processos de transformação do $N_2$ em formas disponíveis para as plantas requerem a quebra da tripla ligação entre os átomos de nitrogênio. Esses processos podem ocorrer pela fixação espontânea através de raios, pela fixação biológica através de bactérias diazotróficas e pela fixação indústrial (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A fixação industrial ocorre através de uma reação química que transforma $N_2$ atmosférico em amônia ($NH_3$), também chamada de Haber-Bosch, utilizando temperaturas e pressões muito elevadas (em torno de 673 - 873K e 10 - 20MPa). Esse processo emprega combustíveis fósseis como fonte de energia em uma reação que pode ser exemplificada por Santos et al. ( 2008) como a seguir.

$$N_2 + \text{energia fóssil} + \text{pressão} + 3H_2 \longrightarrow 2NH_3$$

Sendo assim para a fabricação dos fertilizantes nitrogenados o gasto de fontes energéticas não renováveis é estimado em seis barris de petróleo por tonelada de $NH_3$ sintetizada (HUNGRIA et al., 2001).

As principais fontes sintéticas desse nutriente são a ureia (45% de N), sulfato de amônio (21% de N e 23% de enxofre - S), nitrato de potássio (13% de N e 44% de $K_2O$), fosfato monoatômico ou MAP (10% de N e 46 a 50% de $P_2O_5$) e fosfato diamônico ou DAP, com 16% de N e 38 a 40% de $P_2O_5$ (RAIJ et al., 1996).

De acordo com Epstein & Bloom (2006), a deficiência de nitrogênio causa efeitos extremamente negativos ao desenvolvimento das culturas, cujas principais características são clorose generalizada, hábito estiolado e crescimento retardado e lento. Ainda, segundo os mesmos autores, as partes

mais maduras da planta são as primeiras a se tornarem afetadas, pois o nitrogênio transloca-se de regiões velhas para as mais jovens, que crescem ativamente.

Para Bredemeier & Mundstock (2000), a eficiência da utilização do nitrogênio adicionado ao solo se refere ao grau de recuperação desse nutriente pelas plantas. Considerando as perdas que geralmente ocorrem, menos de 50% do nitrogênio aplicado sob a forma de fertilizante é utilizado pelas culturas, e essas perdas no solo ocorrem devido aos inúmeros processos pelos quais o nitrogênio está sujeito como a volatilização, lixiviação e desnitrificação.

Esses processos contribuem para poluição ambiental e baixa eficiência do sistema, as perdas de nitrogênio para o ambiente, com o consequente menor aproveitamento do nitrogênio pelas culturas, estão associadas á concentração de formas solúveis de nitrogênio no solo (CANTARELLA, 2007).

Tradicionalmente a recomendação de aplicação de nitrogênio, é que essa deve ser parcelada, com o intuito de aumentar sua eficiência, ou para prevenir as possíveis perdas por volatilização e por lixiviação, são inúmeros os equívocos cometidos na aplicação deste adubo, especialmente no que diz respeito a doses, épocas e método de aplicação, notadamente em solos mais ricos em matéria orgânica (KLUTHCOUSKI et al., 2006).

Conforme Ceretta (2000), a dinâmica do N no solo está intimamente associada à dinâmica da matéria orgânica, por um lado a imobilização microbiana do nitrogênio pode comprometer a adequada disponibilidade desse nutriente às plantas em momentos pontuais, por outro lado não representa fenômeno de perda do mesmo e sim a sua conservação.

Dentre os adubos mais utilizados causadores de maior impacto ambiental, encontram-se os fertilizantes nitrogenados, segundo a Associação Internacional de Fertilizantes (IFA), a produção desses compostos é responsável por 94% do consumo de energia de toda produção de fertilizantes. Os principais combustíveis utilizados são o gás natural (73%) e o carvão mineral (27%), ambos fósseis, cujas emissões de dióxido de carbono ($CO_2$) contribuem com o processo de desequilíbrio do efeito estufa, logo, favorecem o processo de aquecimento global (INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC, 1996).

O uso de técnicas alternativas para suprimento da adubação nitrogenada, assim como o uso de inoculantes, é uma prática eficiente e de baixo custo. O processo de fbn é considerado ambiental e economicamente vantajoso, podendo substituir o uso de fertilizantes nitrogenados (zilli et al., 2006).

Em alguns sistemas de cultivo recomenda-se aplicar pequenas quantidades de adubo nitrogenado no solo, afinal o uso demasiado de fertilizantes nitrogenados pode inibir a nodulação e a fbn (reis et al., 2006); contudo, quando o ph não estiver na faixa adequada para a fixação biológica (entre 5,9 e 6,3) ou o amendoim estiver sendo cultivado pela primeira vez, recomenda-se aplicar entre 10 e 16 kg $ha^{-1}$ de nitrogênio (BOLONHEZI et al., 2005).

## 2.3 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO

Processo denominado de fixação biológica de nitrogênio (FBN) é realizado por bactérias diazotróficas endofíticas, as quais fixam $n_2$ atmosférico e colonizam o interior de tecidos vegetais sem causar sintomas de doenças (DÖBEREINER, 1992).

Quando essas bactérias estão presentes no solo, naturalmente ou via inoculação, elas reconhecem e infectam as raízes da planta hospedeira, provocando a formação de nódulo onde ocorre a fixação biológica do nitrogênio (HUNGRIA, 1997).

A presença de plantas leguminosas hospedeiras desencadeia uma série de sinais químicos, principalmente pela exsudação de moléculas por suas raízes, que ativam os genes da nodulação nas bactérias (SANTOS et al., 2008).

O processo de fixação em leguminosas ocorre com a infestação do rizóbio na raiz provocando a formação de nódulos que originarão colônias de bactérias, as quais por meio de processo bioquímicos fixam nitrogênio na planta. Os nódulos possuem uma heme proteína, a leg-hemoglobina, que se liga ao oxigênio, impedindo que este reaja com a nitrogenase (TAIZ; ZEIGER, 2004).

O amendoim por ser uma leguminosa, dispensa parte da adubação nitrogenada, pois esta planta tem a capacidade de se associar as bactérias diazotróficas, que são capazes de fixar o nitrogênio da atmosfera através da

FBN. (GIARDINI et al., 1985).

Um dos exemplos mais bem sucedidos da aplicação biotecnológica da FBN ocorre na cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill), especialmente no Brasil, em que o fornecimento de nitrogênio para essa cultura é praticamente todo baseado nesse processo biológico (HUNGRIA et al., 2006).

A utilização da FBN resulta em uma economia anual com fertilizantes nitrogenados em torno de US$ 7 bilhões. A inoculação de lavouras de feijão com bactérias selecionadas por pesquisadores também tem resultado em rendimentos duas vezes maior do que a média nacional, o que pode gerar uma economia anual de US$ 500 milhões. A tecnologia também está sendo desenvolvida para gramíneas como o milho, o trigo e o arroz e está em fase de testes com a cana-de-açúcar *(Saccharum officinarum)* e a braquiária *(Brachiaria decumbens)* (ASSAD 2013).

Estima-se que para a produção de 1.000 kg de grãos de soja sejam necessários 83 kg de nitrogênio, ou seja, para rendimentos de 2.941 kg/ha, a produtividade média nacional estimada pela a safra 2012/13 (BRASIL, 2013), são necessários 244 kg/ha de nitrogênio. Como, em média, a eficiência de aproveitamento dos fertilizantes nitrogenados é de 50%, seriam necessários 488 kg/ha de nitrogênio mineral, o que ao custo atual superior a US$ 1/kg de N-fertilizante, inviabilizaria economicamente a cultura (HUNGRIA et al., 2013).

Conforme Castro et al. (1999) o amendoim é uma espécie considerada promíscua. A propriedade-chave para a inoculação de estirpes deve ser a habilidade de competir com os rizóbios nativos do solo.

A planta de amendoim supre na quase totalidade sua necessidade de nitrogênio via fixação simbiótica, por meio de bactérias do gênero *Bradyrhizobium* sp. presentes nos solos, o que em muitos casos, faz com que a inoculação com estirpes selecionadas, mostre-se pouco eficiente em virtude da competição com essas populações nativas. (AGUIAR et al., 2014).

Entretanto, estudos apontam que a inoculação com estirpes selecionadas é capaz de aumentar a efetividade da simbiose e consequentemente o rendimento do amendoim com maior fixação de nitrogênio na planta (HUANG et al., 1990). Além de promover uma considerável economia nos custos de produção.

No trabalho de Santos et al. (2014) concluíram que o crescimento inicial das plantas de amendoim cv. IAC Tatu é influenciada pela inoculação com estirpes de rizóbio isoladas de feijão caupi. O que influenciou positivamente o número de nódulos e massa seca de nódulos, indicando a possiblidade de substituição parcial da adubação nitrogenada no manejo dessa cultura.

O conhecimento da variabilidade de resposta de diferentes acessos de amendoim quanto à capacidade de nodulação por estirpes nativas de rizóbios, pode fornecer informações sobre o desempenho dos parâmetros de FBN e auxiliar futuros programas de inoculação de estirpes e melhoramento vegetal, o que é especialmente importante pela modulação da nodulação por intensas trocas de sinais moleculares dependentes do genótipo da planta e da bactéria (SCHULTZE et al., 1994).

A expansão dessas tecnologias sustentáveis assim como a FBN, pode viabilizar o atendimento de metas previstas no Programa Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (ABC), do governo federal, assim como na mitigação da emissão de gases de efeito estufa. Dentre essas metas, está a de incrementar a FBN na produção de 5,5 milhões de hectares com e reduzir a emissão de 10 milhões de toneladas de $CO_2$ até 2020.

Visando aumentar a produção agrícola sustentável, o Brasil adotou medidas e políticas públicas que buscam atingir essas metas, onde se enquadra o Plano Nacional sobre Mudanças do Clima, previsto no parágrafo único do artigo 11º da Lei nº 12.187/2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC, e instituiu o Plano Setorial para Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura.

# 3. MATERIAL E MÉTODOS

## 3.1 LOCALIZAÇÃO

O trabalho foi realizado no período de abril a julho de 2016, em casa de vegetação, da Universidade Federal do Mato Grosso, Câmpus Universitário de Rondonópolis-MT, localizada nas seguintes coordenadas: 16°27'49.42"S 54°34'46.66”O, conforme mapas de localização (Figura 2).

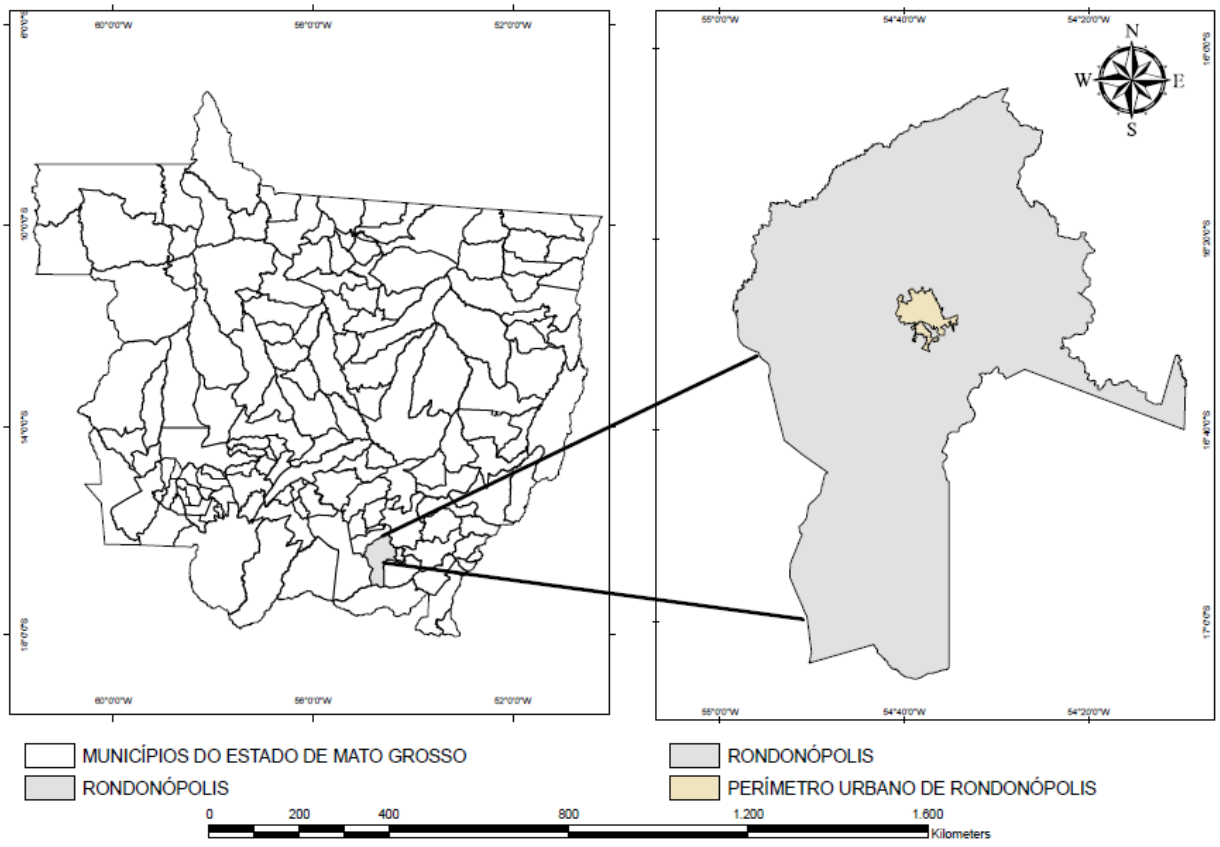


Figura 2. Localização do município de Rondonópolis no estado de Mato Grosso, e o seu perímetro urbano.

O clima local conforme a classificação de Koppen é denominado Aw clima tropical, com inverno seco, apresentando duas estações bem distintas, uma chuvosa, que vai de novembro a abril e outra estação seca que vai de maio a outubro.

Durante a condução do experimento a temperatura média foi de 24,92C° (Figura 3A), e radiação foi de 5,24MJ $m^{-2}$ (Figura 3B).

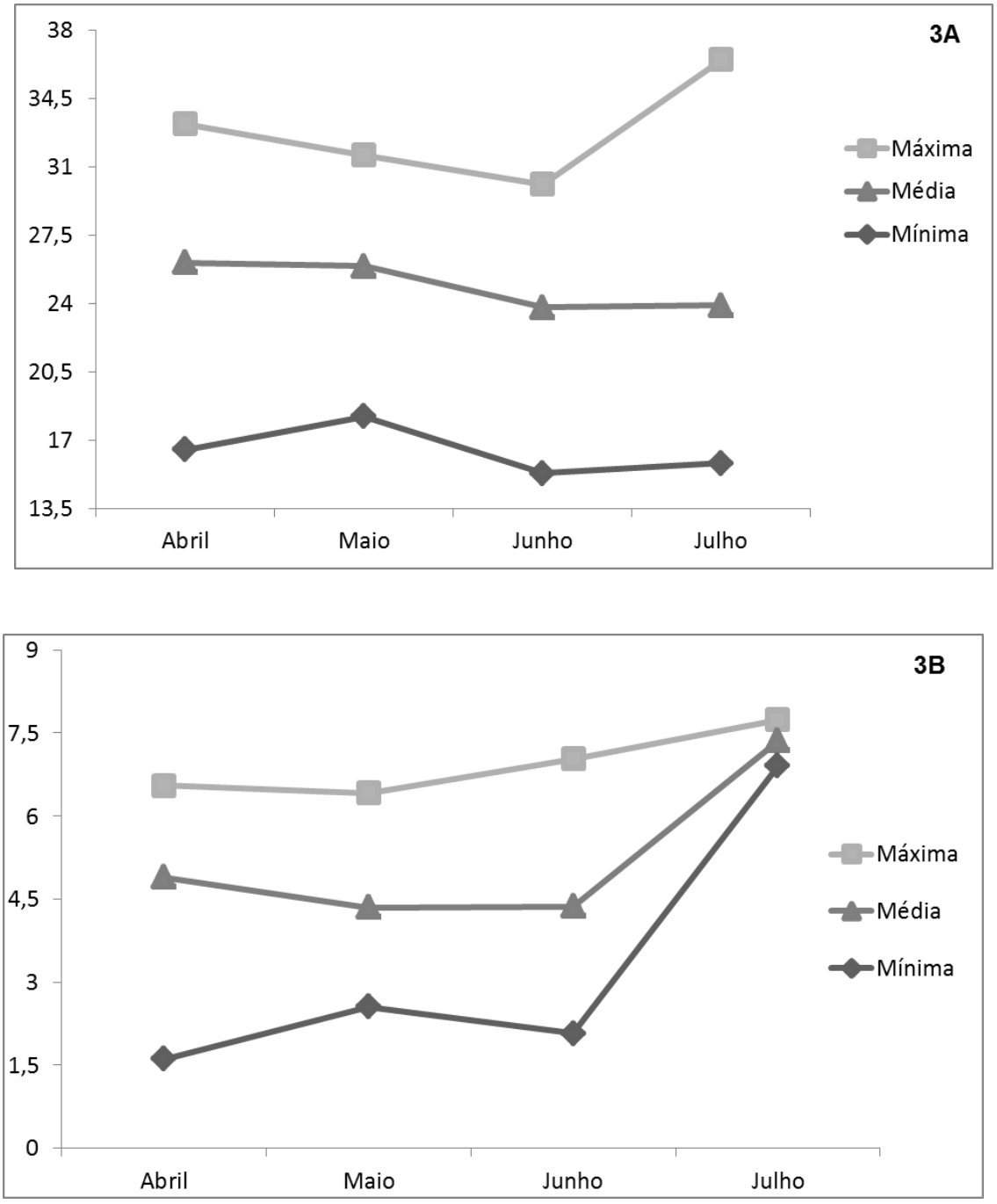


Figura 3. Temperatura máxima, média e mínima (A) e radiação máxima, média e mínima (B) observadas durante o período de condução do experimento em Casa de Vegetação.

### 3.2. INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O solo utilizado no experimento foi proveniente da área experimental do Câmpus Universitário de Rondonópolis, onde a vegetação original é composta de Cerrado e pastagem, e foi classificado como um Latossolo Vermelho

distrófico (EMBRAPA, 2013).

Foram coletados amostras de solo nas seguintes camadas: 0 -10cm, 10-20cm e 20-30cm de profundidade, as quais foram separadas em sacos de polietileno e identificadas previamente.

O solo passou por peneiramento em malha 2 mm para caracterização química e granulométrica e em malha 4mm para preenchimento dos vasos (Figura 4).

Figura 4. Coleta (A), triagem por profundidade (B), acondicionamento (C) e peneiramento (D) do solo.

Realizou-se a caracterização química e granulométrica do solo conforme EMBRAPA (1997), em cada camada separadamente. De acordo com a análise

química efetuou-se a calagem com calcário dolomítico (PRNT = 80,3%) permanecendo em incubação por 30 dias, para elevar saturação por bases a 60% (Tabela 1).

Tabela 1. Análises químicas e granulométricas nas camadas com profundidades de 0-10, 10-20, 20-30cm do Latossolo Vermelho distrófico.

| CAMADAS cm | pH | P | K | Ca | Mg | H | Al | SB | CTC | V | M.O. | Areia | Silte | Argila |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ($CaCl_2$) | (mg $dm^{-3}$) | | ($Cmol_c dm^{-3}$) | | | | | | % | (g $dm^{-3}$) | (g kg-1) | | |
| 0-10 | 4,1 | 1,3 | 31,2 | 0,5 | 0,25 | 6,22 | 0,75 | 0,83 | 7,8 | 10,64 | 35,8 | 523 | 117 | 360 |
| 10 20 | 4 | 0,6 | 29,4 | 0,35 | 0,21 | 5,92 | 0,9 | 0,64 | 7,46 | 8,58 | 31,2 | 507 | 116 | 377 |
| 20-30 | 3,9 | 0,3 | 24,2 | 0,25 | 0,17 | 4,53 | 1,1 | 0,48 | 6,11 | 7,86 | 24,1 | 490 | 117 | 393 |

Após a correção da acidez do solo, efetuou-se a adubação de implantação com fósforo ($P_2O_5$) e potássio ($K_2O$) nas recomendações de 100mg $dm^{-3}$ e 60 mg $dm^{-3}$ respectivamente, cujas fontes foram superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

A adubação foi realizada em todas as parcelas experimentais, exceto na testemunha absoluta (ausência de adubação e inoculação). A recomendação do nitrogênio foi de 50 mg $dm^{-3}$, o qual foi aplicado 20 dias após a semeadura, sendo utilizada a ureia como fonte. A aplicação de nitrogênio foi realizada somente no tratamento adubação nitrogenada.

A adubação com os micronutrientes foi efetuada com ácido bórico, cloreto de cobre, cloreto de zinco e molibdato de sódio nas doses 1,5 mg $dm^{-3}$ 2,5 mg $dm^{-3}$; 2,0 mg $dm^{-3}$ e 0,25 mg $dm^{-3}$, respectivamente (BONFIMSILVA; MONTEIRO, 2007).

A semeadura ocorreu manualmente na densidade de 10 sementes por unidade experimental, que após o crescimento foram desbastadas, permanecendo três plantas por vaso.

A Cultivar de amendoim utilizada no experimento foi a IAC 213, obtida do cruzamento entre L.98-14{[67/3 x (ac. 5231 x ac. Tatuí vermelho)] x [cultivar Florunner x L. Roxo 80-1]}. Cruzamentos realizados para obtenção de plantas com grãos pequenos e vermelhos que são uma tradicional demanda do mercado brasileiro de confeitaria. Cultivar com ciclo de 120 a 125 dias, vagens pequenas com duas sementes vermelhas. Teor de óleo nos grãos situa-se entre 46 e 48

%, com relação O/L entorno de 1.0. Por seu ciclo ser relativamente curto favorece o seu plantio em área de renovação com a cana-de-açúcar (SANTOS et al., 2013).

Para realização do controle fitossanitário utilizou-se o inseticida de contato e ingestão do grupo Piretróide, Deltametrina na dose de 0,4ml $L^{-1}$. Assim como, o fungicida sistêmico do grupo dos Triazóis, Difenoconazol na dose de 1ml $L^{-1}$.

A umidade do solo foi mantida por meio de irrigação realizada na superfície dos vasos até o estabelecimento das plantas e, a partir de 15 dias, foi mantida por capilaridade, adicionando água aos pratos sob os vasos (SILVA et al., 2006).

## 3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos ao acaso, com 6 tratamentos e 6 repetições, totalizando 36 parcelas experimentais. Os tratamentos foram constituídos por quatro estirpes de rizóbio (MT08 e MT15 - *Rhizobium tropici*, e MT16 - *R. leguminosarum*), uma estirpe comercial (SEMIA 6144) e duas testemunhas, sendo uma absoluta (sem inoculação e sem adubação nitrogenada) e outra nitrogenada (sem inoculação e com aplicação de nitrogênio) .

A parcela experimental constituiu-se em um conjunto composto pela sobreposição de três anéis de PVC rígido, com diâmetro de 150 mm e altura de 100 mm, esse conjunto ficou sobre uma tela de polietileno com malha de 1 mm, fixada com anel de borracha obtido pela secção transversal de câmara de ar utilizada em pneus de caminhão.

Os anéis de policloreto de vinila (PVC) foram fixados com uma fita adesiva constituídas de um filme de polietileno na cor prata e trama de tecido com adesivo à base de resina e borracha, e foi colocado embaixo de cada conjunto um prato plástico de 300 mm de diâmetro (Figura 5).

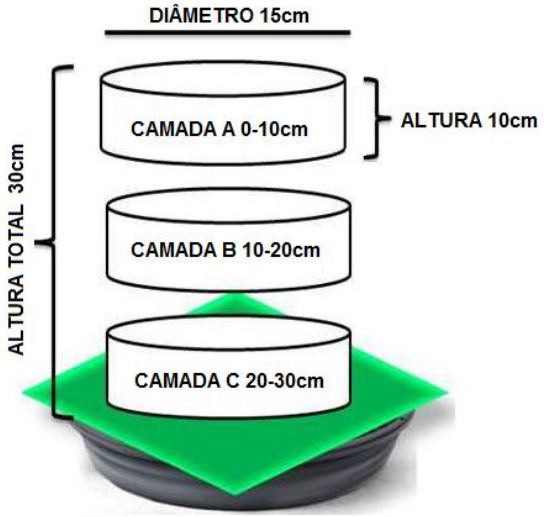


Figura 5. Detalhamento da parcela experimental, onde as camadas eram compostas de um anel de PVC de 10cm de altura por 15cm de diâmetro.

## 3.3. MATERIAL BIOLÓGICO E INOCULAÇÃO

O inoculante foi preparado com bactérias cultivadas em meio de cultura YM, conforme metodologia de Fred & Waksman (1928), e incubadas por 48 h a 28 °C sob agitação constante.

Como veículo de inoculação, utilizou-se a turfa, a qual passou por processo de esterilização. A proporção de turfa e caldo bacteriano foi de 30g para cada 15 mL (LOPES & GIARDINI, 1977; GUIMARÃES et al., 2007).

A inoculação foi efetuada por meio da peletização das sementes, onde as mesmas foram mergulhadas em uma solução adesiva açucarada a 10%, em seguida inseridas no inoculante (turfa+ caldo bacteriano) na proporção de 100g de inoculante para 40 kg de semente. Em seguida, as sementes foram colocadas para secar a sombra e após, semeadas nas parcelas experimentais.

## 3.4. VARIÁVEIS ANALISADAS

Aos 30 e 50 dias após a emergência das plantas foram avaliados altura das plantas, índice de clorofila e número de folhas.

Para determinação da altura das plantas, utilizou-se uma trena, onde se considerou o nível do folíolo central da folha do ramo principal que apresentou

maior elevação em relação ao solo.

O índice de clorofila foi determinado por meio de leituras instantâneas, executadas com o aparelho clorofilômetro portátil da marca Falker, modelo ClorofiLOG (CFL1030). Para a composição das médias foram realizadas cinco leituras por parcela.

Aos 75 dias após emergência ocorreu a coleta do experimento, quando foram avaliadas as variáveis: número de grãos, número de nódulos, massa seca de nódulos, massa seca da parte aérea, massa seca de raiz, massa seca total e eficiência relativa.

O número de grãos e nódulos foram computados por contagem manual após a coleta. Posteriormente, calculou-se o peso de 100 grãos conforme as Regras de Análise de Sementes do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (BRASIL 2009).

A massa seca de nódulos, grãos, parte aérea, raízes e total, foram mensuradas através da pesagem em balança semianalítica, e acondicionadas em sacos de papel e postos para secar em estufa de circulação forçada a uma temperatura de 65ºC até a obtenção de massa constante.

A massa seca de raízes, massa seca de nódulos e número de nódulos foram contabilizados separadamente, conforme a camada referente a profundidade em que se encontravam 0-10cm, 10-20cm e 20-30cm.

O nitrogênio total da parte aérea, grãos e proteína bruta dos grãos foram avaliados conforme o método micro-Kjeldahl de acordo com Malavolta et. al, (1997). Esse método se baseia na transformação do nitrogênio da amostra, em sulfato de amônio por meio da digestão com ácido sulfúrico, com posterior destilação e liberação da amônia, que é fixada em solução ácida e titulada.

A eficiência relativa foi calculada considerando-se a relação entre a massa seca da parte aérea dos tratamentos inoculados com as bactérias, e da massa seca da parte aérea dos tratamentos que receberam adubação nitrogenada. Para esse cálculo utilizou-se fórmula proposta por Bergensen (1971):

$$Efr = \frac{\text{MSPA INOCULADA}}{\text{MSPA NITROGENADA}} \times 100$$

Efr = eficiência relativa;
MSPA INOCULADA= massa seca parte aérea das plantas inoculadas;
MSPA com N= massa seca da parte aérea com nitrogênio mineral.

### 3.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos a analise de variância e contrastes ortogonais pelo teste de F a 5% de probabilidade, através do software para análises estatísticas SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2011).

As análises estatísticas utilizadas foram os contrastes ortogonais, possibilitando estudar de forma mais detalhada em uma série de comparações o efeito dos tratamentos. Essas comparações podem ser arranjadas até que o limite de graus de liberdade dos tratamentos seja atingido (LIRA JUNIOR, 2013) (Tabela 2).

Tabela 2. Contrastes utilizados para análise estatística.

| | Tratamentos | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Contrastes | | | | |
| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
| Testemunha absoluta | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Testemunha nitrogenada | -1 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| Inoculante comercial | -1 | -1 | 3 | 0 | 0 |
| MT 08 | -1 | -1 | -1 | 2 | 0 |
| MT 15 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 |
| MT 16 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| Camadas | | | | | |
| | Contrastes | | | | |
| | C1 | C2 | | | |
| A (0-10 cm) | 2 | 0 | | | |
| B (10-20 cm) | -1 | 1 | | | |
| C (20-30 cm) | -1 | -1 | | | |

Para tratamentos: C1 – Testemunha absoluta x demais tratamentos; C2 – Testemunha nitrogenada x estirpes;

C3 – Inoculante comercial x estirpes; C4 – MT16 x MT08 e MT15; C5 – MT15 x MT08;

Para camadas: C1 – A (0-10cm) x B(10-20cm) e C(20-30cm); C2 – B(10-20) x C(20-30m);

# 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

## 4.1 ALTURA DE PLANTAS

Em relação à altura de plantas, não houve diferença significativa para os contrastes dos tratamentos nas avaliações realizadas aos 30 e 50 dias após a emergência das plantas (DAE).

Aos 30 DAE, os valores variaram de 17,11cm na testemunha absoluta a 19,50 cm para o tratamento com a estirpe MT15. Já na segunda avaliação, aos 50 DAE, foi observada altura média de 22,89 cm em plantas inoculadas com a estirpe MT16 e de 25,91 cm na testemunha absoluta (Tabela 3).

Tabela 3. Altura de plantas de amendoim inoculadas com estirpes de rizóbios e cultivadas em Latossolo Vermelho.

| 30 DAE | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tratamentos | Médias (cm) | Contrastes/Coeficientes | | | | |
| | | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
| MT08 | 17,38 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| MT15 | 19,50 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 |
| MT16 | 18,67 | -1 | -1 | -1 | 2 | 0 |
| Inoculante comercial | 17,44 | -1 | -1 | 3 | 0 | 0 |
| Testemunha nitrogenada | 18,28 | -1 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| Testemunha absoluta | 17,11 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Estimativas | | -1,064 | 0,126 | -0,942 | 0,418 | 1,833 |
| F | | $0,361^{ns}$ | $0,915^{ns}$ | $0,442^{ns}$ | $0,746^{ns}$ | $0,226^{ns}$ |
| CV (%) | | | | 14,22 | | |

| 50 DAE | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tratamentos | Médias (cm) | Contrastes/Coeficientes | | | | |
| | | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
| MT08 | 24,33 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| MT15 | 24,39 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 |
| MT16 | 22,89 | -1 | -1 | -1 | 2 | 0 |
| Inoculante comercial | 24,06 | -1 | -1 | 3 | 0 | 0 |
| Testemunha nitrogenada | 25,50 | -1 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| Testemunha absoluta | 25,91 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Estimativas | | 1,711 | 1,582 | 0,186 | -1,473 | 0,056 |
| F | | 0,236$^{ns}$ | 0,281$^{ns}$ | 0,901$^{ns}$ | 0,359$^{ns}$ | 0,975$^{ns}$ |
| CV (%) | | | | 12,85 | | |

C1 – Testemunha absoluta vs demais tratamentos; C2 – Testemunha nitrogenada vs Inoculante comercial, MT8, MT15 e MT16; C3 – Inoculante comercial vs MT8, MT15 e MT16; C4 – MT16 vs MT8 e MT15; e C5 – MT8 vs MT15.
$^{ns}$ – para contraste não significativo pelo teste de F a 5% de probabilidade.

Resultados semelhantes foram encontrados por Santos et al. (2014), trabalhando com a cultivar Tatu de amendoim submetida à inoculação com rizóbios, os quais não observaram diferenças significativas entre a altura de plantas inoculadas e não inoculadas.

Entretanto, Schossler et al. (2016), avaliando a influência da inoculação e co-inoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* em sementes de feijoeiro sobre a produtividade de grãos da cultura, observaram efeito significativo dos tratamentos com inoculações isoladas, assim como da co-inoculação de ambas as bactérias sobre a altura de plantas.

Também não se observou efeito significativo na testemunha absoluta, onde as plantas apresentaram 17,11 cm aos 30 DAE e 25,91 cm aos 50 DAE. Constatou-se que houve nitrogênio disponível suficiente para o seu crescimento.

Nas variedades com porte rasteiro, como é o caso da cultivar IAC 213, a haste principal é vertical, porém, curta, atingindo 20 a 30 cm de comprimento. Os ramos primários crescem horizontalmente e se espalham pelo solo, emitindo alternadamente gemas reprodutivas ou ramificações secundárias e terciárias, formando uma arquitetura espessa (GODOY et al., 2005).

## 4.2 ÍNDICE DE CLOROFILA FALKER

O índice de clorofila do amendoim aos 30 DAE foi significativamente influenciado pelos tratamentos com inoculação dos rizóbios. As estirpes obtiveram os seguintes valores de 36,58, 37,65 e 37,40, correspondendo respectivamente aos tratamentos MT 08, MT15 e MT16.

Para a estirpe comercial, o valor observado foi de 37,04 e nos demais contrastes, não foram observadas diferenças significativas nos tratamentos (Tabela 4).

As estirpes de rizóbios foram capazes de proporcionar maiores valores de índice de clorofila aos 30 DAE, quando comparadas às testemunhas nitrogenada (35,66) e absoluta (35,89), as quais apresentaram incrementos de 2,6% (MT08), 3,8% (SEMIA 6144), 4,8% (MT16) e 5,6% (MT15) em relação à testemunha nitrogenada.

O índice de clorofila representa o estado nutricional das plantas, pois o nitrogênio participa da molécula de clorofila, com a avaliação indireta com medidor portátil fornecendo dados sobre o teor de clorofila nas folhas da planta (MALAVOLTA et al., 1997).

Resultados diferentes foram observados em um experimento conduzido nas mesmas condições por Santos et al. (2014), utilizando Latossolo Vermelho de Cerrado, onde foi observado resultado não significativo para o índice de clorofila da cultivar de amendoim IAC Tatu, quando submetida à inoculação com rizóbios isolados de feijão caupi.

Tabela 4. Índice de clorofila falker os 30 dias após emergência de plantas de amendoim inoculadas com estirpes de rizóbios e cultivadas em Latossolo Vermelho.

| Tratamentos | Médias | Contrastes/Coeficientes | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
| MT08 | 36,58 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| MT15 | 37,65 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 |
| MT16 | 37,40 | -1 | -1 | -1 | 2 | 0 |
| Inoculante comercial | 37,04 | -1 | -1 | 3 | 0 | 0 |
| Testemunha nitrogenada | 35,66 | -1 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| Testemunha absoluta | 35,89 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Estimativas | | -0,980 | -1,508 | -0,171 | -0,941 | 0,250 |
| F | | $0,159^{ns}$ | 0,038* | $0,812^{ns}$ | $0,224^{ns}$ | $0,777^{ns}$ |
| CV (%) | | | | 4,11 | | |

C1 – Testemunha absoluta vs demais tratamentos; C2 – Testemunha nitrogenada vs Inoculante comercial, MT8, MT15 e MT16; C3 – Inoculante comercial vs MT8, MT15 e MT16; C4 – MT16 vs MT8 e MT15; e C5 – MT8 vs MT15.
$^{ns}$ e * para contraste não significativo e significativo a 5% de probabilidade.

Da mesma forma, Silva et al. (2016) avaliaram a inoculação das sementes de amendoim com bactérias fixadoras de nitrogênio e substratos orgânicos sobre o crescimento e os índices clorofiláticos do amendoim, mas não observaram efeitos significativos entre os tratamentos inoculados e não inoculados. Essas observações diferem dos relatos de Taiz e Zeiger (2013), onde plantas com elevada concentração de clorofila apresentaram também maiores taxas fotossintéticas devido à captação mais eficiente da luz. Portanto, as bactérias inoculadas não foram capazes de suprir a demanda de nitrogênio das plantas, de modo que estas não se diferiram do tratamento não inoculado.

Esse resultado confirma os relatos de Alcântara et al. (2014), onde a inoculação de leguminosas com bactérias de interesse biotecnológico contribuiu para uma redução do uso de nitrogênio na agricultura, minimizando seu impacto ao meio ambiente.

O índice de clorofila avaliado aos 50 DAE apresentou efeito significativo da testemunha nitrogenada em relação aos tratamentos de inoculação, com valor foi de 38,89. Nos demais contrastes, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 5).

O efeito significativo do índice de clorofila avaliado aos 50 DAE indica que as plantas de amendoim aproveitaram melhor o nitrogênio fornecido via adubação nitrogenada, o qual foi preferencialmente utilizado na síntese da clorofila em relação ao nitrogênio que foi fornecido pelos rizóbios.

Esse resultado pode ter relação com o próprio período de avaliação, pois o mesmo é marcado pela formação de vagens e enchimento dos grãos, sendo o nitrogênio mobilizado a partir das folhas (KULSUM et al., 2007).

Sant'Ana et al. (2010), avaliando os efeitos de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura no teor relativo de clorofila (leitura SPAD), teor de nitrogênio nas folhas e na produtividade de grãos do feijoeiro, observaram que os maiores valores de leitura foram encontrados com a aplicação de maiores doses de nitrogênio.

Segundo Barbosa Filho et al. (2005), o clorofilômetro portátil apresenta a vantagem de poucos minutos para a leitura ser realizada, baixo custo de manutenção do aparelho e não há necessidade de envio de amostras para análise em laboratório. Além disso, esses autores observaram que há maior eficiência na adubação nitrogenada em virtude da utilização desse aparelho como indicador da necessidade de aplicação de nitrogênio.

Em relação aos tratamentos de inoculação, o que mais se aproximou dos valores da testemunha nitrogenada foi o inoculante comercial (37,38), com percentual equivalente a 96% da leitura observada na testemunha nitrogenada (máxima produção observada). Nas estirpes MT08, MT15 e MT16, foram obtidas leituras com 93,8%, 92,9% e 93,7%, respectivamente em relação à testemunha nitrogenada.

Para essa variável, o emprego de bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico se mostrou eficaz para o amendoim, uma vez que a FBN pode suprir parte da demanda do amendoinzeiro por este nutriente, substituindo parcialmente a adubação nitrogenada.

Tabela 5. Índice de clorofila Falker aos 50 dias após emergência de plantas de amendoim inoculadas com estirpes de rizóbios e cultivadas em Latossolo Vermelho.

| Tratamentos | Médias | Contrastes/Coeficientes | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
| MT08 | 36,49 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| MT15 | 36,14 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 |
| MT16 | 36,43 | -1 | -1 | -1 | 2 | 0 |
| Inoculante comercial | 37,38 | -1 | -1 | 3 | 0 | 0 |
| Testemunha nitrogenada | 38,89 | -1 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| Testemunha absoluta | 36,79 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Estimativas | | -0,273 | 2,279 | 1,032 | 0,113 | -0,350 |
| F | | $0,808^{ns}$ | 0,055* | $0,387^{ns}$ | $0,928^{ns}$ | $0,809^{ns}$ |
| CV (%) | | | | 6,71 | | |

C1 – Testemunha absoluta vs demais tratamentos; C2 – Testemunha nitrogenada vs Inoculante comercial, MT8, MT15 e MT16; C3 – Inoculante comercial vs MT8, MT15 e MT16; C4 – MT16 vs MT8 e MT15; e C5 – MT8 vs MT15.
$^{ns}$ e * para contraste não significativo e significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F.

A testemunha absoluta apresentou índice de clorofila Falker de 36,79, sendo que esse resultado pode estar relacionado com o baixo potencial de fixação de nitrogênio dos rizóbios nativos do solo quando inoculados no amendoim. Similarmente, Santos et al. (2014), não encontraram diferença significativa entre os tratamentos com e sem a aplicação de nitrogênio e entre esses e os tratamentos inoculados para o índice de clorofila em amendoim em um utilizando Latossolo vermelho de Cerrado.

## 4.3 NÚMERO DE NÓDULOS POR CAMADA

Com relação ao número de nódulos por camadas de solo, os maiores valores foram encontrados nas duas camadas mais superficiais. Na primeira (0-10 cm) foram observados 39,25 nódulos vaso$^{-1}$ e na segunda (0-20 cm) 38,13 nódulos vaso$^{-1}$, tendo representado aumentos de 78,01% na primeira e 77,36% na segunda camada, respectivamente em relação a terceira camada (20-30cm) (Tabela 6).

Tabela 6. Número de nódulos de amendoim inoculado com estirpes de rizóbios em função de diferentes camadas de Latossolo Vermelho

| Profundidades | Médias(M) (g vaso$^{-1}$) | Contrastes/Coeficientes | |
|---|---|---|---|
| | | C1 | C2 |
| A (0-10cm) | 39,25 | 2 | 0 |
| B (0-20cm) | 38,13 | -1 | 1 |
| C (0-30cm) | 8,63 | -1 | -1 |
| Estimativas | | 15,861 | 29,500 |
| F | | 0,0000*** | 0,0000*** |
| CV (%) | | 24,07 | |

C1 – Primeira A x Primeira B; C2 – Primeira B x Primeira C.
$^{ns}$ e *** para contraste não significativo e significativo a 0,01% de probabilidade pelo teste de F.
$^{(M)}$ – Dados transformados por $(X+1)^{0,5}$.

Essa resposta foi estudada em alguns trabalhos, principalmente da profundidade de até 20cm, compreendendo as duas primeiras profundidades avaliadas. Os resultados do presente estudo indicam ter ocorrido a formação de nódulos em todas as profundidades testadas, embora as camadas mais superficiais tenham se destacado em relação à última. A posição em que os nódulos são formados nas raízes tem sido pouco estudada.

As populações de rizóbios nativos são normalmente distribuídos por todo o perfil do solo, o que difere dos padrões de distribuição das estirpes de rizóbios de inoculantes comerciais aplicados no sulco ou diretamente sobre a semente que normalmente permanece na superfície do solo (0-10cm), porque o

movimento desses rizóbios no perfil do solo é muito lento (Hardarson et al., 1989, McDermott e Graham, 1989; Bogino et al., 2011).

Tabela 7. Número de nódulos nas diferentes camadas, em plantas de amendoim inoculado com estirpes de rizóbios e cultivado em Latossolo Vermelho.

| Tratamentos | Médias (0-10cm) | Contrastes/Coeficientes | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
| MT08 | 33,50 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| MT15 | 45,66 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 |
| MT16 | 40,00 | -1 | -1 | -1 | 2 | 0 |
| SEMIA 6144 | 41,16 | -1 | -1 | 3 | 0 | 0 |
| T. Nitrogenada | 30,66 | -1 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| T. Absoluta | 44,50 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Estimativas | | 6,300 | -9,416 | 1,444 | 0,416 | 12,166 |
| F | | 0,294$^{ns}$ | 0,126$^{ns}$ | 0,819$^{ns}$ | 0,950$^{ns}$ | 0,118$^{ns}$ |
| Tratamentos | Médias (10-20cm) | Contrastes/Coeficientes | | | | |
| | | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
| MT08 | 28,66 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| MT15 | 46,33 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 |
| MT16 | 40,66 | -1 | -1 | -1 | 2 | 0 |
| SEMIA 6144 | 41,33 | -1 | -1 | 3 | 0 | 0 |
| T. Nitrogenada | 41,83 | -1 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| T. Absoluta | 30,00 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Estimativas | | -9,766 | 2,583 | 2,777 | 3,166 | 17,666 |
| F | | 0,106$^{ns}$ | 0,673$^{ns}$ | 0,660$^{ns}$ | 0,637$^{ns}$ | 0,024$^{ns}$ |
| Tratamentos | Médias (20-30 cm) | Contrastes/Coeficientes | | | | |
| | | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
| MT08 | 9,66 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| MT15 | 7,50 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 |
| MT16 | 7,83 | -1 | -1 | -1 | 2 | 0 |
| SEMIA 6144 | 12,66 | -1 | -1 | 3 | 0 | 0 |
| T. Nitrogenada | 10,66 | -1 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| T. Absoluta | 3,50 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Estimativas | | -6,166 | 1,250 | 4,333 | -0,750 | -2,166 |
| F | | 0,305$^{ns}$ | 0,838$^{ns}$ | 0,493$^{ns}$ | 0,911$^{ns}$ | 0,779$^{ns}$ |
| CV (%) | | | | 46,57 | | |

C1 – Testemunha absoluta vs demais tratamentos; C2 – Testemunha nitrogenada vs Inoculante comercial, MT8, MT15 e MT16; C3 – Inoculante comercial vs MT8, MT15 e MT16; C4 – MT16 vs MT8 e MT15; e C5 – MT8 vs MT15.
$^{ns}$ e * para contraste não significativo e significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F.

De acordo com Tajima et al. (2006), para a cultura do amendoim a porcentagem de nódulos encontrados em profundidade é de cerca de 82% na região da coroa radicular. Esses autores observaram número de nódulos significativo entre as cultivares testadas, com destaque para Nakateyutaka 213 nódulos planta$^{-1}$ em relação a cultivar Chibahandachi.

Dentre os tratamentos, nas camadas, as estirpe que mais nodulou foi a MT15, camada 0-10cm (274 nódulos) e na camada de 10-20cm (278 nódulos). O número de nódulos por tratamento nas diferentes camadas, não obteve diferença significativa, a nodulação foi semelhante nas camadas de 0-10cm e 10-20cm. Os nódulos de raiz de amendoim são de um tipo determinado, seu desenvolvimento é restringido principalmente às raízes laterais de primeira ordem ( Tajima *et al.* , 2006 ). Ocasionalmente, ocorrem também na raiz principal ou nos laterais de segunda ordem. Os nódulos mudam seu tamanho e estrutura à medida que amadurecem. Os nódulos jovens são brancos em corte transversal, enquanto que os nódulos maduros apresentam intensa cor rosa - avermelhada no centro, devido à presença de leghemoglobina (Tajima et al. 2008).

## 4.4. NÚMERO DE NÓDULOS TOTAL

O número de nódulos apresentou efeito significativo no contraste C5, quando comparou o tratamento MT15, com o MT08, em que os valores observados foram 99,50 nódulos por planta no MT15, sendo a maior média encontrada e 71,83 nódulos por planta no MT08, menor média encontrada.

Os contrastes comparando as testemunhas nitrogenada e absoluta não foram significativos, assim como os contrastes comparando os demais inoculantes (Tabela 8).

Tabela 8. Número de nódulos total em plantas de amendoim inoculado com estirpes de rizóbios e cultivado em Latossolo Vermelho.

| Tratamentos | Médias vaso$^{-1}$ | Contrastes/Coeficientes | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
| MT08 | 71,83 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| MT15 | 99,50 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 |
| MT16 | 88,50 | -1 | -1 | -1 | 2 | 0 |
| Inoculante comercial | 95,17 | -1 | -1 | 3 | 0 | 0 |
| Testemunha nitrogenada | 83,17 | -1 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| Testemunha absoluta | 78,00 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Estimativas | | -9,633 | -5,583 | 8,555 | 2,833 | 27,666 |
| F | | 0,187$^{ns}$ | 0,449$^{ns}$ | 0,264$^{ns}$ | 0,724$^{ns}$ | 0,005* |
| CV (%) | | | | 18,5 | | |

C1 – Testemunha absoluta vs demais tratamentos; C2 – Testemunha nitrogenada vs Inoculante comercial, MT8, MT15 e MT16; C3 – Inoculante comercial vs MT8, MT15 e MT16; C4 – MT16 vs MT8 e MT15; e C5 – MT8 vs MT15.

$^{ns}$ e * para contraste não significativo e significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F.

O número de nódulos encontrado no tratamento com a estirpe MT15 foi 19,6% maior que o observado na testemunha nitrogenada, essa bactéria apresentou boa nodulação com o amendoim, indicando também que apresenta uma certa especificidade com a cultivar utilizada no presente estudo (IAC 213). De acordo com Lopes et al. (1972), nodulação entre 39 e 53 é considerada satisfatória para uma boa nutrição nitrogenada de plantas de amendoim.

As demais estirpes inoculadas apresentaram nodulação 14,4% superior ou inferior em relação ao inoculante comercial e 6,4% maiores que a testemunha nitrogenada. A nodulação na estirpe MT16 ficou abaixo da observada na testemunha nitrogenada, equivalendo a 86,3% do tratamento com nitrogênio mineral.

De acordo com Torres-Júnior et al. (2014), o amendoinzeiro é uma leguminosa com capacidade para ser nodulada por um grande número de

rizóbios nativos do solo, com destaque para espécies do gênero *Bradyrhizobium* (*B. japonicum*, *B. yuanmingense*, *B. liaoningense* e *B. elkanii*) e *Rhizobium* (*R. tropici*, *R. etli*, *R. phaseoli*, e *R. leguminosarum*).

Borges et al. (2007), avaliando parâmetros relacionados à capacidade de nodulação e FBN por rizóbios nativos em diferentes acessos de amendoim, observaram maior número de nódulos na cultivar IAC Tatu-ST (303,5 unidades por planta) em um Argissolo, indicando que embora a nodulação do amendoim seja influenciada por rizóbios nativos do solo, a cultivar utilizada se associa positivamente com determinados isolados.

Da mesma forma, Matoso e Kusdra (2014) avaliando a contribuição da aplicação de molibdênio (fontes e doses) e rizóbios (nativos e introduzidos) sobre a nodulação, acúmulo de nitrogênio e crescimento do feijoeiro (cv IPR 139), não observaram diferenças significativas entre os tratamentos inoculados e não inoculados. Esses autores atribuem este resultado ao fato de o feijoeiro ser uma leguminosa promíscua, formando simbiose com várias espécies de rizóbio do solo.

Na testemunha nitrogenada foram observados 83,17 nódulos por planta, ficando abaixo dos valores encontrados no inoculante comercial (95,17). Este valor indica que na testemunha nitrogenada pode ter reduzido a nodulação das plantas devido a aplicação de fertilizante nitrogenado quando comparada aos tratamentos de inoculação.

Santos et al. (2014), avaliando o crescimento inicial do amendoim (cv IAC Tatu) inoculado com rizóbios isolados de feijão caupi, observaram menor número de nódulos nas plantas da testemunhas nitrogenada e absoluta. Em outro estudo, Santos et al. (2005), trabalhando com inoculação de rizóbios nativos do Nordeste brasileiro em diferentes cultivares de amendoim, não observaram diferenças entre os tratamentos não inoculado, com e sem adição de nitrogênio, os quais apresentaram nodulação inferior à das plantas inoculadas.

O resultado observado na testemunha absoluta indica a existência de rizóbios nativos no solo do experimento, confirmando os relatos de Torres-Júnior et al. (2014) de que o amendoinzeiro pode ser nodulada por uma ampla gama de rizóbios nativos do solo. Hoffman et al. (2007) objetivando identificar isolados

mais eficientes na associação entre o amendoim e bactérias do gênero *Bradyrizobium*, não observaram efeitos significativos do tratamento controle não inoculado, nem entre os isolados utilizados, atribuindo o resultado a variação na eficiência de cada bactéria testada em resposta a fase de desenvolvimento da planta.

## 4.5. MASSA SECA DE NÓDULOS POR CAMADA

Na massa seca de nódulos, não foi encontrado efeito significativo entre as profundidades avaliadas (Tabela 9). Semelhante aos resultados encontrado nesse estudo, Cardoso et al. (2009), avaliando a existência de relações entre a nodulação no sistema radicular inteiro e na região da coroa radicular, não observaram significância estatística com o aumento da profundidade, não encontrando relação positiva para a massa seca de nódulos da cultura do amendoim.

Tabela 9. Massa seca de nódulos em plantas de amendoim inoculado com estirpes de rizóbios e cultivado em Latossolo Vermelho.

| Profundidades | Médias (g vaso$^{-1}$) | Contrastes/Coeficientes | |
|---|---|---|---|
| | | C1 | C2 |
| A (0-10cm) | 0,1069 | 2 | 0 |
| B (10-20cm) | 0,0526 | -1 | 1 |
| C (20-30cm) | 0,0899 | -1 | -1 |
| Estimativas | | 0,016 | -0,017 |
| F | | 0,431$^{ns}$ | 0,457$^{ns}$ |
| CV (%) | | 3,99 | |

C1 – Primeira A x Primeira B; C2 – Primeira B x Primeira C.
$^{ns}$ e *** para contraste não significativo e significativo a 0,01% de probabilidade pelo teste de F.
$^{(M)}$ – Dados transformados por $(X+1)^{0,5}$.

Diversamente, Fernandes et al. (2005), avaliando, comparativamente, a distribuição do sistema radicular em diferentes profundidades de solo e o

crescimento da parte aérea de três cultivares de alfafa cultivados em casa de vegetação, observaram diferença significativa na massa seca de nódulos da primeira (0-20 cm) para as demais profundidades, onde foi encontrado 4,891 mg planta$^{-1}$.

Comunmente em estudo recente, Rowland et al. (2015) encontraram nódulos entre 5-30 cm de profundidade nas raízes de amendoim, com nódulos isolados ocorrendo a 90 cm de profundidade, indicando que as raízes dessa cultura podem ser colonizadas em diferentes profundidades.

## 4.6. MASSA SECA TOTAL DE NÓDULOS

Em relação a massa seca de nódulos, houve efeito significativo no contraste comparando o tratamento com a estirpe MT16 em relação às plantas inoculadas com as estirpes MT08 e MT15, oqual apresentou maior peso seco de nódulos (0,370 g vaso$^{-1}$) e incremento de 54,16% em relação à testemunha nitrogenada.

Nos demais contrastes não se observou diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 10).

O resultado encontrado para essa variável valida os resultados de Torres-Júnior et al. (2014), que avaliaram a diversidade fenotípica e genética, bem como a eficiência simbiótica de rizóbios nativos obtidos de amendoinzeiro na região Sudeste do Brasil, e observaram maior peso seco de nódulos nos isolados AM11 (111 mg por planta), AM07 (116 mg por planta), AM15 (117 mg por planta) e AM24 (140 mg por planta) para a cultivar BRS Havana.

O elevado peso seco de nódulos encontrado no presente estudo mostra que os rizóbios utilizados apresentam boa capacidade de se associarem com as plantas de amendoim. O que confirma os relatos propostos por Araújo e Hungria (1994), onde baixos valores de matéria de nódulos, assim como menores concentrações de clorofila e proteína nas folhas, são indicadores de baixa capacidade simbiótica de rizóbios.

Ambas as testemunhas (nitrogenada e absoluta) não apresentaram efeito significativo para esta variável. O valor encontrado para o tratamento com nitrogênio foi de 0,240 g por planta, ao passo que na testemunha absoluta, este

valor foi de 0,298 g por planta, superando a testemunha nitrogenada, corroborando os resultados de Santos et al. (2014) na cultura do amendoim, que não observaram diferenças significativas entre as testemunhas nitrogenada, absoluta e sem inoculação de rizóbio e adubação nitrogenada.

Tabela 10. Massa seca total de nódulos em plantas de amendoim inoculadas com estirpes de rizóbios e cultivadas em Latossolo Vermelho

| Tratamentos | Médias (g vaso$^{-1}$) | Contrastes/Coeficientes | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
| MT08 | 0,203 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| MT15 | 0,186 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 |
| MT16 | 0,370 | -1 | -1 | -1 | 2 | 0 |
| Inoculante comercial | 0,210 | -1 | -1 | 3 | 0 | 0 |
| Testemunha nitrogenada | 0,240 | -1 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| Testemunha absoluta | 0,298 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Estimativas | | 0,056 | -0,002 | -0,043 | 0,175 | -0,016 |
| F | | 0,390$^{ns}$ | 0,970$^{ns}$ | 0,529$^{ns}$ | 0,023* | 0,843$^{ns}$ |
| CV (%) | | | | 56,21 | | |

C1 – Testemunha absoluta vs demais tratamentos; C2 – Testemunha nitrogenada vs Inoculante comercial, MT8, MT15 e MT16; C3 – Inoculante comercial vs MT8, MT15 e MT16; C4 – MT16 vs MT8 e MT15; e C5 – MT8 vs MT15.
$^{ns}$ e * para contraste não significativo e significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F.

Em um estudo similar, Santos et al. (2005) avaliando a efetividade da FBN em cultivares de amendoim inoculadas com isolados de rizóbios nativos do Nordeste brasileiro não observaram efeito significativo nem do tratamento com fertilizante nitrogenado e nem da testemunha sem nitrogênio mineral sobre o peso seco de nódulos. Os autores justificam o resultado com base no fato de que a nodulação do amendoinzeiro é dependente do genótipo cultivado.

## 4.7. MASSA SECA DA PARTE AÉREA

A massa seca da parte aérea do amendoim apresentou diferença significativa para as estirpes MT08 (8,50 g vaso$^{-1}$), MT15 (9,89 g vaso$^{-1}$) e MT16 (8,02 g vaso$^{-1}$), quando comparados ao inoculante comercial (7,41 g vaso$^{-1}$). Esses rizóbios apresentaram incremento de 14,7%, 33,4% e 8,23% respectivamente em relação à bactéria recomendada para a inoculação em amendoim (SEMIA 6144). Nos contrastes comparando as testemunhas nitrogenada e absoluta, não foi observado efeito significativo (Tabela 11).

Tabela 11. Massa seca de parte aérea de plantas de amendoim inoculadas com estirpes de rizóbios e cultivadas em Latossolo Vermelho.

| Tratamentos | Médias (g vaso$^{-1}$) | Contrastes/Coeficientes | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
| MT08 | 8,50 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| MT15 | 9,89 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 |
| MT16 | 8,02 | -1 | -1 | -1 | 2 | 0 |
| Inoculante comercial | 7,41 | -1 | -1 | 3 | 0 | 0 |
| Testemunha nitrogenada | 9,48 | -1 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| Testemunha absoluta | 9,55 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Estimativas | | 0,894 | 1,028 | -1,395 | -1,177 | 1,388 |
| F | | 0,189$^{ns}$ | 0,141$^{ns}$ | 0,05* | 0,125$^{ns}$ | 0,117$^{ns}$ |
| CV (%) | | | | 16,84 | | |

C1 – Testemunha absoluta vs demais tratamentos; C2 – Testemunha nitrogenada vs Inoculante comercial, MT8, MT15 e MT16; C3 – Inoculante comercial vs MT8, MT15 e MT16; C4 – MT16 vs MT8 e MT15; e C5 – MT8 vs MT15.

$^{ns}$ e * para contraste não significativo e significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F.

A massa seca de parte aérea mostrou que os rizóbios utilizados nesse estudo, foram capazes de fornecer às plantas de amendoim o nitrogênio

necessário para o crescimento normal da parte aérea, superando a estirpe comercial.

Esse resultado confirma os relatos de Taiz e Zeiger (2013) de que plantas bem supridas com nitrogênio, apresentam quantidade adequada de clorofila nas folhas e assim melhor captação de energia luminosa, refletindo em pleno desenvolvimento.

Hoffman et al. (2007), encontraram dados análogos, avaliando a eficiência de diferentes isolados de *Bradyrhizobium* sp. na simbiose com amendoim, observaram efeito significativo para o peso seco de parte aérea nas plantas inoculadas com o isolado EAL1 (1,609 g planta$^{-1}$), indicando que as plantas estabeleceram simbiose compatível e eficiente com este isolado em relação ao tratamento controle (sem inoculação).

A especificidade simbiótica entre leguminosa hospedeira e rizóbio é essencial para obtenção de nitrogênio pela planta, uma vez que a fixação biológica é a principal forma de entrada deste nutriente no sistema solo, principalmente em regiões tropicais, onde os solos são pouco férteis, podendo impactar positivamente os sistemas agrícolas pelo aumento da produtividade das culturas leguminosas (GALLOWAY et al., 2003).

A testemunha nitrogenada não apresentou diferença significativa quando comparada aos tratamentos de inoculação para a massa seca da parte aérea das plantas de amendoim. Isso indica que possivelmente o fertilizante nitrogenado poderá ser parcialmente substituído pela inoculação com os rizóbios os quais podem proporcionar desenvolvimento semelhante, mas com menor custo e maior sustentabilidade na produção.

Resultados similares ao do presente estudo foram encontrados por Ferreira et al. (2000), avaliando o comportamento de plantas de feijoeiro quanto à produtividade quando submetidas à inoculação com cinco diferentes estirpes de *Rhizobium tropici* e adubação nitrogenada, e que não observaram efeito significativo entre os tratamentos inoculados e não inoculados, assim como para a adubação nitrogenada sobre a massa seca da parte aérea das plantas.

Em relação à testemunha absoluta não foi observado efeito significativo quando comparada aos demais tratamentos, o que possivelmente indica que os rizóbios nativos do solo formaram simbiose eficaz com as plantas de amendoim.

De maneira similar, Santos et al. (2014) avaliando o efeito da inoculação de rizóbios isolados de feijão caupi em amendoim, não observaram diferenças significativas entre os tratamentos inoculados e não inoculados.

## 4.8. MASSA SECA DE RAÍZES

A massa seca de raízes apresentou diferença significativa no contraste C5 para a estirpe MT15 em relação a estirpe MT08. As plantas inoculadas com a bactéria MT15 apresentaram peso seco de raízes 44,8% mais elevadas, quando comparadas com as plantas da testemunha nitrogenada e 78,3% superiores ao tratamento MT08.

Nos contrastes das testemunhas nitrogenada e absoluta, não foram encontradas diferenças significativas (Tabela 12).

A massa seca de raízes encontrada no rizóbio MT15, superou a massa seca de raiz da bactéria recomendada para o amendoim SEMIA 6144. Esse elevado incremento sugere influência dessa bactéria sobre o crescimento das raízes do amendoim, pois além da fixação biológica de nitrogênio, a produção de fitormônios pode ter influenciado o desenvolvimento radicular da planta.

De acordo com Boiero et al. (2007), embora membros da Família *Rizobiaceae* tenham sido extensivamente estudados quanto à simbiose com leguminosas e a fixação biológica de nitrogênio, já foi demonstrado seus efeitos como bactérias promotoras do crescimento de plantas.

Resultados similares aos desse trabalho foram encontrados por Hoffman et al. (2007), em amendoinzeiro submetido à inoculação de isolados de *Bradyrhizobium*, os quais observaram maior massa seca de raízes para o isolado EAL1 (0,613 g planta$^{-1}$), diferindo dos demais isolados e da testemunha absoluta.

Na testemunha nitrogenada não foi encontrado efeito significativo para a massa seca de raízes, cujo valor foi de 2,5 g vaso$^{-1}$. Resultados similares foram encontrados por Melo et al. (2015) avaliando as características fitotécnicas do feijoeiro submetido à adição de doses de fertilizante nitrogenado e à fixação biológica de nitrogênio, observaram maior peso seco de raízes (12,3 g planta$^{-1}$) com aplicação de 25 g dm$^{-3}$.

Tabela 12. Massa seca de raízes de plantas de amendoim inoculadas com estirpes de rizóbios e cultivadas em Latossolo Vermelho.

| Tratamentos | Médias (g vaso$^{-1}$) | Contrastes/Coeficientes | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
| MT08 | 2,03 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| MT15 | 3,62 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 |
| MT16 | 2,01 | -1 | -1 | -1 | 2 | 0 |
| Inoculante comercial | 2,14 | -1 | -1 | 3 | 0 | 0 |
| Testemunha nitrogenada | 2,50 | -1 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| Testemunha absoluta | 2,15 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Estimativas | | -0,309 | 0,049 | -0,418 | -0,815 | 1,591 |
| F | | 0,619$^{ns}$ | 0,938$^{ns}$ | 0,523$^{ns}$ | 0,246$^{ns}$ | 0,056* |
| CV (%) | | | | 56,95 | | |

C1 – Testemunha absoluta vs demais tratamentos; C2 – Testemunha nitrogenada vs Inoculante comercial, MT8, MT15 e MT16; C3 – Inoculante comercial vs MT8, MT15 e MT16; C4 – MT16 vs MT8 e MT15; e C5 – MT8 vs MT15.
$^{ns}$ e * para contraste não significativo e significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F.

Na testemunha absoluta, o peso seco encontrado não foi significativo, com valor de 2,15 g vaso$^{-1}$, resultado que confirma os encontrados por Hoffman et al. (2007), que avaliaram o efeito da inoculação de isolados de *Bradyrhizobium* sobre plantas de amendoim, e observaram menor peso seco de raízes no tratamento controle (sem inoculação), o qual apresentou 0,4 g planta$^{-1}$.

Essa resposta pode indicar que os rizóbios nativos do solo no presente estudo, foram mais eficiente em fixar nitrogênio atmosférico que os utilizados pelos autores. Entretanto, ainda assim foram menos eficientes que os demais rizóbios inoculados nas plantas de amendoim.

## 4.9. MASSA SECA TOTAL

A massa seca total apresentou efeito significativo no contraste C4, onde a estirpe MT15 apresentou o maior massa seca total, com incremento de 21,9% do peso seco total da testemunha nitrogenada.

No contraste C5 a estirpe MT15 apresentou peso seco total 33,1% maior que o produzido pela restirpe MT08, nos demais contrastes dos tratamentos não foram encontradas diferenças significativas (Tabela 13).

Tabela 13.. Massa seca total de plantas de amendoim inoculadas com estirpes de rizóbios e cultivadas em Latossolo Vermelho.

| Tratamentos | Médias (g vaso$^{-1}$) | Contrastes/Coeficientes | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
| MT08 | 15,07 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| MT15 | 20,67 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 |
| MT16 | 14,76 | -1 | -1 | -1 | 2 | 0 |
| Inoculante comercial | 14,22 | -1 | -1 | 3 | 0 | 0 |
| Testemunha nitrogenada | 16,95 | -1 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| Testemunha absoluta | 15,09 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Estimativas | | -1,244 | 0,767 | -2,615 | -3,112 | 5,595 |
| F | | 0,384$^{ns}$ | 0,597$^{ns}$ | 0,090$^{ns}$ | 0,05* | 0,005** |
| CV (%) | | 19,48 | | | | |

C1 – Testemunha absoluta vs demais tratamentos; C2 – Testemunha nitrogenada vs Inoculante comercial, MT8, MT15 e MT16; C3 – Inoculante comercial vs MT8, MT15 e MT16; C4 – MT16 vs MT8 e MT15; e C5 – MT8 vs MT15.
$^{ns}$ e * para contraste não significativo e significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F.

O acúmulo de matéria seca pelas plantas reflete a absorção eficiente de nitrogênio, uma vez que este elemento compõe moléculas cruciais para o

desenvolvimento vegetal como proteínas, aminoácidos e ácidos nucleicos (PARSONS e SUNLEY, 2001).

Devido ao papel nutricional do nitrogênio, em regiões tropicais sua deficiência é prejudicial a produção agrícola, uma vez que o principal aporte de nitrogênio para as plantas é a fixação biológica realizada por micro-organismos diazotróficos (HERRIDGE et al., 2008).

Na testemunha nitrogenada foi observado peso seco total de 16,95 g $vaso^{-1}$, ou seja, abaixo do peso observado nas plantas inoculadas com os rizóbios. Em um estudo similar, Melo et al. (2015) avaliando a resposta do feijão caupi à aplicação de doses de nitrogênio observaram maior peso seco total (21,4 g $planta^{-1}$) com a aplicação de 50 kg $ha^{-1}$(25mg $dm^{-3}$), apresentando maior valor que o do presente estudo, em que foi utilizado 50 mg $dm^{-3}$.

Em relação à testemunha absoluta, o efeito não significativo mostra novamente que os rizóbios utilizados no presente estudo foram mais eficientes em fixar nitrogênio atmosférico quando em simbiose com o amendoim que os rizóbios nativos do solo, concordando com os relatos de Torres-Júnior et al. (2014), uma vez que o amendoim pode estabelecer simbiose com diversas bactérias fixadoras de nitrogênio e obter nitrogênio para o seu desenvolvimento.

## 4.10. PESO DE 100 SEMENTES

Em relação ao peso de 100 sementes do amendoim, houve efeito significativo de todos os tratamentos em relação à testemunha absoluta (C1), na qual foi encontrado o menor peso (14,60 g). Nos demais contrastes não foram observados efeitos significativos (Tabela 14).

O peso de 100 sementes encontrado no presente estudo indica que os rizóbios testados fixaram o nitrogênio atmosférico de modo eficiente, fornecendo ao amendoim quantidade suficiente para o desenvolvimento das plantas o que refletiu positivamente em maior peso das sementes.

A bactéria MT16, foi a que apresentou o maior peso de 100 sementes (27,13 g), seguida pela testemunha nitrogenada (26,82), que tiveram incremento de 86% e 84%, respectivamente, em relação à testemunha absoluta, indicando

que o uso de fontes de nitrogênio pode influenciar o peso de 100 sementes do amendoinzeiro.

Resultados similares foram encontrados por Fonseca et al. (2013), avaliando a resposta de cultivares de feijoeiro à inoculação com rizóbios em duas localidades diferentes, observaram diferenças significativas entre os tratamentos inoculados, onde a testemunha sem inoculação (26,26 g) e a bactéria CIAT $899^{T}$ (26,31 g) foram superiores ao tratamento com a bactéria UFLA-04,173 (25,03 g). Esses resultados concordam com os do presente estudo, onde o uso de bactérias eficientes em fixar nitrogênio atmosférico influencia o peso de 100 sementes do amendoim.

Tabela 14. Peso de 100 sementes de plantas de amendoim inoculadas com estirpes de rizóbios e cultivadas em Latossolo Vermelho

| Tratamentos | Médias | Contrastes/Coeficientes | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | (g) | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
| MT08 | 23,15 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| MT15 | 23,75 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 |
| MT16 | 27,13 | -1 | -1 | -1 | 2 | 0 |
| Inoculante comercial | 23,53 | -1 | -1 | 3 | 0 | 0 |
| Testemunha nitrogenada | 26,82 | -1 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| Testemunha absoluta | 14,60 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Estimativas | | -10,280 | 2,432 | -1,140 | 3,676 | 0,603 |
| F | | 0,001*** | $0,390^{ns}$ | $0,695^{ns}$ | $0,239^{ns}$ | $0,865^{ns}$ |
| CV (%) | | 25,99 | | | | |

C1 – Testemunha absoluta vs demais tratamentos; C2 – Testemunha nitrogenada vs Inoculante comercial, MT8, MT15 e MT16; C3 – Inoculante comercial vs MT8, MT15 e MT16; C4 – MT16 vs MT8 e MT15; e C5 – MT8 vs MT15.
$^{ns}$ e * para contraste não significativo e significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F.

Por outro lado, Ferreira et al. (2000), avaliando o comportamento de estirpes de rizóbio e uso de adubação nitrogenada sobre fatores relacionados à produtividade do feijoeiro, não observaram diferenças significativas entre os tratamentos com e sem inoculação de rizóbios, atribuindo o resultado ao fato do número de vagens ter compensado o peso de 100 sementes entre os tratamentos.

O resultado encontrado na testemunha nitrogenada (26,82 g) indica que as plantas utilizaram o fertilizante nitrogenado, entretanto, menos eficientemente que as plantas que foram inoculadas com o rizóbio MT16. Mesmo assim, o uso de adubação nitrogenada pode ser implementado onde os rizóbios nativos do solo são inexistentes ou pouco eficientes na fixação de nitrogêno atmosférico (TORRES-JÚNIOR et al., 2014).

Crusciol et al. (2003), avaliando a influência de doses de nitrogênio na semeadura e em cobertura sobre diversos atributos das sementes de feijoeiro, observaram efeito significativo com a aplicação de nitrogênio em uma dose equivalente a 12,5 mg $dm^{-3}$ (25 kg $ha^{-1}$), onde encontraram peso de 100 sementes de 20,1 g, corroborando os resultados encontrados no presente estudo quanto à utilização de fertilizante nitrogenado em amendoim.

A testemunha absoluta foi o tratamento que apresentou menor peso de 100 sementes (14,60 g), indicando que os rizóbios nativos do solo não fixaram nitrogênio atmosférico de forma eficiente quando comparados aos rizóbios autóctones testados e à testemunha nitrogenada.

Entretanto, resultados diferentes foram encontrados por Bassan et al. (2001), avaliando o efeito da inoculação das sementes e da aplicação de nitrogênio e molibdênio sobre o desenvolvimento de plantas de feijão, que observaram maior peso de 100 sementes nas plantas não inoculadas (28,33 g) em relação às plantas que foram inoculadas (27,69 g), indicando que os rizóbios nativos do solo foram mais eficientes que as estirpes testadas pelos autores, diferindo das bactérias no solo do presente estudo.

## 4.11. ACÚMULO E CONCENTRAÇÂO DE NITROGÊNIO PARTE AÉREA

Para o acúmulo de nitrogênio na parte aérea, foi observado efeito significativo para o contraste C2, o qual comparou a testemunha nitrogenada

contra as estirpes de rizóbios, nos demais contrastes não foi observado efeito significativo. A maior média foi obtida na testemunha nitrogenada que apresentou 206,00mg vaso$^{-1}$, a menor foi obtida com o inoculnate comercial, com 145,00mg vaso$^{-1}$ (Tabela 15).

A concentração de nitrogênio na parte aérea do amendoim não apresentou diferença significativa para os contrastes dos tratamentos, com variação de 17,20 (MT08) a 20,67 (testemunha nitrogenada). O acúmulo de nitrogênio na parte aérea das plantas da testemunha nitrogenada superaou os resultados dos demais tratamentos. Somado ao nitrogênio do solo, o fertilizante nitrogenado contribuiu intensamente para o desenvolvimento das plantas.

Em um estudo similar, Brito et al. (2011), avaliando os efeitos da adubação nitrogenada sobre a fixação simbiótica de nitrogênio em feijão e caupi, confirmaram a contribuição sinérgica entre o fertilizante nitrogenado, a fixação simbiótica e o nitrogênio do solo para o acúmulo de nitrogênio em plantas de feijão e caupi.

Resultados parecidos a esse estudo, foram encontrados por Ferreira et al. (2000), avaliando o comportamento de estirpes de *Rhizobium tropici* e o uso da adubação nitrogenada sobre os fatores relacionados à produtividade do feijoeiro, onde não houve diferença do teor de nitrogênio nas folhas entre os tratamentos inoculados e não inoculados.

Borges et al. (2007) avaliando parâmetros relacionados á capacidade de FBN por rizóbios nativos em diferentes acessos de amendoim, encontraram resultados parecidos para o acúmulo de nitrogênio na parte aérea da maioria dos acessos testados, com destaque para o Sapucaia Bege (86,08 mg planta$^{-1}$), IAC 886 Runner (85,47 mg planta$^{-1}$), Tatuí (73,84 mg planta$^{-1}$), Sapucaia Vermelha (73,23 mg planta$^{-1}$) e IAC Caiapó (71,99 mg planta$^{-1}$), indicando que as plantas foram noduladas por rizóbios nativos do solo e obtiveram a maior parte do nitrogênio em simbiose com essas bactérias.

Mesmo não havendo efeito significativo das estirpes utilizadas nesse trabalho sobre o teor de nitrogênio na parte aérea do amendoim, os valores encontrados foram próximos aos observados nas testemunhas nitrogenada e absoluta.

Tabela 15. Acúmulo e concentração de nitrogênio na parte aérea de plantas de amendoim inoculadas com estirpes de rizóbios em Latossolo Vermelho.

| Acúmulo de nitrogênio na parte aérea | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tratamentos | Médias (mg vaso$^{-1}$) | Contrastes/Coeficientes | | | | |
| | | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
| MT08 | 160,00 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| MT15 | 170,00 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 |
| MT16 | 148,30 | -1 | -1 | -1 | 2 | 0 |
| Inoculante comercial | 145,00 | -1 | -1 | 3 | 0 | 0 |
| Testemunha nitrogenada | 206,00 | -1 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| Testemunha absoluta | 200,00 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Estimativas | | 0,034 | 0,050 | -0,014 | -0,016 | 0,010 |
| F | | 0,080$^{ns}$ | 0,01** | 0,471$^{ns}$ | 0,433$^{ns}$ | 0,682$^{ns}$ |
| CV (%) | | | | 24,12 | | |

| Teor de nitrogênio na parte aérea | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tratamentos | Médias (g kg$^{-1}$) | Contrastes/Coeficientes | | | | |
| | | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
| MT08 | 19,06 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| MT15 | 17,20 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 |
| MT16 | 18,36 | -1 | -1 | -1 | 2 | 0 |
| Inoculante comercial | 19,50 | -1 | -1 | 3 | 0 | 0 |
| Testemunha nitrogenada | 20,67 | -1 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| Testemunha absoluta | 20,63 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Estimativas | | 1,675 | 2,137 | 1,290 | 0,225 | -1,858 |
| F | | 0,187$^{ns}$ | 0,102$^{ns}$ | 0,331$^{ns}$ | 0,871$^{ns}$ | 0,255$^{ns}$ |
| CV (%) | | | | 14,36 | | |

C1 – Testemunha absoluta vs demais tratamentos; C2 – Testemunha nitrogenada vs Inoculante comercial, MT8, MT15 e MT16; C3 – Inoculante comercial vs MT8, MT15 e MT16; C4 – MT16 vs MT8 e MT15; e C5 – MT8 vs MT15.
ns e ** para contraste não significativo e significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F.

Confirmando a existência de grande diversidade de rizóbios em solos brasileiros capazes de nodular o amendoinzeiro, que embora sejam menos eficientes na fixação biológica de nitrogênio atmosférico, são mais competitivos quanto à nodulação da cultura, afetando negativamente as resposta à inoculação (TORRES-JÚNIOR et al., 2014).

## 4.12. ACÚMULO NITROGÊNIO NOS GRÃOS

O acúmulo de nitrogênio nos grãos apresentou efeito significativo no contraste C1 que comparou a testemunha absoluta contra os demais tratamentos.

Os maiores valores de acúmulo de nitrogênio encontrados foram nas plantas inoculadas com a estirpe MT15 (112,16mg vaso$^{-1}$), seguida da estirpe recomendada SEMIA 6144 ( 100, 33 mg vaso$^{-1}$). Nos demais contrastes não foram encontrados efeitos significativos (Tabela 16).

O efeito do acúmulo de nitrogênio proporcionado pelo inoculante proveniente do no rizóbio MT15 indica simbiose eficiente com a cultivar IAC 213 de amendoim, além de ter superado a testemunha nitrogenada em 21,7% e a testemunha absoluta em 96,4%. Rendimentos esses, que indicam que a inoculação com essa bactéria contribuiu efetivamente para a nutrição do amendoim, quando usada em substituição à adubação nitrogenada.

De maneira similar, Costa et al. (2014) avaliando a resposta da cultivar BRS Guariba de feijão caupi à inoculação de rizóbios no sudeste do Piauí, encontraram diferenças significativas para os rizóbios UFLA 03-84 (27,92 mg planta$^{-1}$), UFLA 03-154 (28,43 mg planta$^{-1}$) e UFLA 03-164 31,98 mg planta$^{-1}$) em relação às bactérias BR3267, BR3262 e INPA 03-11B. Esses resultados foram inferiores aos do presente estudo em todos os tratamentos inoculados, indicando que as bactérias foram eficientes em fixar nitrogênio atmosférico, principalmente para o rizóbio MT15 que apresentou o maior valor.

Tabela 16.Acúmulo de nitrogênio nos grãos de amendoim inoculado com estirpes de rizóbios em Latossolo Vermelho.

| Tratamentos | Médias (mg planta$^{-1}$) | Contrastes/Coeficientes | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
| MT08 | 87,66 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| MT15 | 112,16 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 |
| MT16 | 91,83 | -1 | -1 | -1 | 2 | 0 |
| Inoculante comercial | 100,33 | -1 | -1 | 3 | 0 | 0 |
| Testemunha nitrogenada | 92,80 | -1 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| Testemunha absoluta | 57,66 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Estimativas | | -0,039 | -0,005 | 0,003 | -0,008 | 0,024 |
| F | | 0,001*** | 0,646$^{ns}$ | 0,790$^{ns}$ | 0,515$^{ns}$ | 0,096$^{ns}$ |
| CV (%) | | 26,64 | | | | |

C1 – Testemunha absoluta vs demais tratamentos; C2 – Testemunha nitrogenada vs Inoculante comercial, MT8, MT15 e MT16; C3 – Inoculante comercial vs MT8, MT15 e MT16; C4 – MT16 vs MT8 e MT15; e C5 – MT8 vs MT15.
$^{ns}$ e *** para contraste não significativo e significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste de F.

Em outro estudo, Fonseca et al. (2013) avaliando a resposta de cultivares de feijoeiro-comum à inoculação em diferentes ambientes, que observaram valores de acúmulo de nitrogênio nos grãos inferiores aos desse estudo, de 16,97 mg planta$^{-1}$ na estirpe CIAT 899$^{T}$, 15,39 mg planta$^{-1}$ na estirpe UFLA 04-173 e de 15,43 mg planta$^{-1}$ no tratamento sem inoculação.

Em relação à testemunha nitrogenada, o valor de nitrogênio acumulado nos grãos foi de 92,80mg planta$^{-1}$, indicando que o fertilizante nitrogenado pode ter sido perdido por volatilização, sendo pouco aproveitado pelo amendoim. Cavalli et al. (2016) apresentou resultados que evidenciam com os encontrados, avaliando o efeito do parcelamento da adubação nitrogenada em feijoeiro

irrigado durante duas safras, os autores não encontraram efeito significativo das doses de nitrogênio mineral aplicadas para o acúmulo de nitrogênio nos grãos.

O resultado observado na testemunha absoluta (57,66 g planta$^{-1}$) indica que as plantas de amendoim formaram simbiose com os rizóbios nativos do solo. Entretanto, o baixo acúmulo de nitrogênio nos grãos mostra que essas bactérias fixaram pouco nitrogênio atmosférico em relação aos rizóbios testados e à testemunha nitrogenada.

Resultados já confirmados por Torres-Júnior et al. (2014), de que o amendoinzeiro pode formar simbiose com uma ampla gama de rizóbios nativos do solo, mas pouco eficientes na fixação de nitrogênio atmosférico.

Dados diversos foram encontrados por Ferreira et al. (2009), avaliando a eficiência de cepas de rizóbio previamente selecionadas na simbiose com o feijão em comparação com cepas já recomendadas para essa cultura, observaram acúmulo inferior ao do presente estudo no tratamento da testemunha absoluta 20 mg planta$^{-1}$ (40 kg ha$^{-1}$), indicando que os rizóbios nativos do solo podem influenciar a fixação de nitrogênio atmosférico nessa cultura assim como no caso do amendoim.

## 4.13.CONCENTRAÇÂO DE NITROGÊNIO E TEOR DE PROTEÍNA NOS GRÃOS

Em relação a concentração de nitrogênio e o teor de proteína bruta nos grãos do amendoim, houve efeito significativo para os tratamentos MT08 e MT15 quando comparados ao MT16.

A estirpe MT08 apresentou teor de nitrogênio de 30,49% e teor de proteína de grãos de 304,97mg vaso$^{-1}$, enquanto o tratamento correspondente à estirpe MT15 apresentou teor de nitrogênio de 27,87% e proteína de 278,71 g planta$^{-1}$.

O tratamento com estirpe MT08 apresentou resultado equivalente a 98,1% da testemunha nitrogenada, enquanto que o tratmento com a estirpe MT15 apresentou 89,7% de equivalência (Tabela 17).

As plantas inoculadas com a estirpe MT08 apresentaram a concentração de nitrogênio satisfatória para o amendoinzeiro, o que é legitimado pelos

maiores valores de acúmulo de nitrogênio nos grãos dessas plantas. O nitrogênio é considerado crítico para a produtividade agrícola, pois é um importante nutriente para o crescimento das plantas, podendo ser fixado por membros da Família Leguminosae quando formam simbiose com bactérias diazotróficas (BORGES et al., 2007).

Resultados diferentes para a concentração de nitrogênio nos grãos foram encontrados por Fonseca et al. (2013), avaliando a resposta de cultivares de feijoeiro-comum à inoculação em diferentes ambientes,

Da mesma forma, Pelegrin et al. (2009) avaliando a resposta do feijoeiro à inoculação com rizóbio e adubação nitrogenada parcelada, não observaram diferenças significativas entre os tratamentos, indicando que as populações de rizóbios nativos podem ter afetado a resposta da cultura à inoculação.

A testemunha nitrogenada apresentou valores elevados (310,7mg planta$^{-1}$ e 31,07g kg$^{-1}$ ), indicando ter ocorrido a translocação do nitrogênio das folhas para os grãos, demonstrando que as plantas foram capazes de utilizar de maneira mais eficiente o fertilizante aplicado (PELEGRIN et al., 2009).

Em um estudo com feijoeiro comum, Farinelli et al. (2006), avaliando o efeito da adubação nitrogenada em cobertura no desempenho da cultura em dois sistemas de cultivo, observaram acréscimos nos teores de proteína de grãos como aumento das doses de nitrogênio, uma vez que com nitrogênio disponível para a absorção, resultando em teores de proteína elevados.

Na testemunha absoluta, as plantas apresentaram valores próximos a da estirpe MT08 para ambas as variáveis, indicando que os rizóbios nativos do solo nodularam as plantas de amendoim.

De acordo com Torres-Júnior et al. (2014) são conhecidas pelo menos oito espécies de rizóbios que nodulam o amendoinzeiro que pertencem aos gêneros *Bradyrhizobium* (*B. japonicum*, *B. yuanmingense*, *B. liaoningense* e *B. elkanii*) e *Rhizobium* (*R. tropici*, *R. etli*, *R. phaseoli*, e *R. leguminosarum*) . Isso demonstra que o uso de inoculação com rizóbios eficientes proporciona maior armazenamento de nitrogênio nos grãos na forma de proteína, importante no caso do amendoim que é utilizado para alimentação humana.

Tabela 17. Concentração de nitrogênio e teor de proteína nos grãos em plantas de amendoim inoculadas com estipes rizóbios em Latossolo Vermelho.

| Concentração de nitrogênio nos grãos | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tratamentos | Médias ($g\ kg^{-1}$) | Contrastes/Coeficientes | | | | |
| | | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
| MT08 | 30,49 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| MT15 | 27,87 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 |
| MT16 | 26,00 | -1 | -1 | -1 | 2 | 0 |
| Inoculante comercial | 29,23 | -1 | -1 | 3 | 0 | 0 |
| Testemunha nitrogenada | 31,07 | -1 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| Testemunha absoluta | 30,57 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Estimativas | | 1,641 | 2,676 | 1,113 | -3,182 | -2,626 |
| F | | $0,249^{ns}$ | $0,071^{ns}$ | $0,454^{ns}$ | 0,05* | $0,156^{ns}$ |
| CV (%) | | | | 10,48 | | |
| Teor de proteína bruta nos grãos | | | | | | |
| Tratamentos | Médias ($mg\ planta^{-1}$) | Contrastes/Coeficientes | | | | |
| | | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
| MT08 | 304,97 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| MT15 | 278,71 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 |
| MT16 | 260,01 | -1 | -1 | -1 | 2 | 0 |
| Inoculante comercial | 292,36 | -1 | -1 | 3 | 0 | 0 |
| Testemunha nitrogenada | 310,78 | -1 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| Testemunha absoluta | 304,29 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Estimativas | | 14,919 | 26,763 | 11,132 | -31,824 | -26,267 |
| F | | $0,290^{ns}$ | $0,069^{ns}$ | $0,451^{ns}$ | 0,05* | $0,153^{ns}$ |
| CV (%) | | | | 10,41 | | |

C1 – Testemunha absoluta vs demais tratamentos; C2 – Testemunha nitrogenada vs Inoculante comercial, MT8, MT15 e MT16; C3 – Inoculante comercial vs MT8, MT15 e MT16; C4 – MT16 vs MT8 e MT15; e C5 – MT8 vs MT15.

$^{ns}$ e * para contraste não significativo e significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F.

## 4.14. EFICIÊNCIA RELATIVA DAS ESTIRPES DE RIZÓBIO

A eficiência relativa das estirpes (Efr) apresentou efeito significativo para os contrastes C2, C3 e C4 sendo que a maior eficiência relativa foi encontrada na estirpe MT15 (118,21), o que representou incremento de 18,21% em relação à testemunha nitrogenada.

As estirpes MT08 e MT16 foram equivalentes, com valores de 91,64% e 89,73% respectivamente da testemunha nitrogenada. Esses valores superaram a eficiência relativa encontrada no incoulante comercial (84,53), indicando elevada eficiência dos rizóbios na fixação de nitrogênio e acúmulo de massa seca pelas plantas de amendoim (Tabela 18)

Tabela 18. Eficiência relativa das estirpes de rizóbios inoculados em plantas de amendoim em Latossolo Vermelho

| Tratamentos | Médias % | Contrastes/Coeficientes | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | C1 | C2 | C3 | C4 |
| MT08 | 91,64 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| MT15 | 118,21 | -1 | -1 | -1 | 1 |
| MT16 | 89,73 | -1 | -1 | 2 | 0 |
| Inoculante comercial | 84,53 | -1 | 3 | 0 | 0 |
| Testemunha nitrogenada | 100,00 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| Estimativas | | 3,966 | -15,329 | -15,192 | 26,573 |
| F | | 0,494$^{ns}$ | 0,01** | 0,02* | 0,001*** |
| CV (%) | | | 12,89 | | |

C1 – Testemunha absoluta vs demais tratamentos; C2 – Testemunha nitrogenada vs Inoculante comercial, MT8, MT15 e MT16; C3 – Inoculante comercial vs MT8, MT15 e MT16; C4 – MT16 vs MT8 e MT15; e C5 – MT8 vs MT15.
$^{ns}$, ***, ** e * para contraste não significativo, significativo a 0,1%, 1% e 5% de probabilidade pelo teste de F.

O resutaldo encontrado em relação ao tratamento MT15, demonstra que esta estirpe foi capaz de suprir a demanda de nitrogênio das plantas de

amendoim, apresentando maior eficiência em relação à testemunha nitrogenada no presente estudo e para essa variável.

Esses resultados superaram aqueles encontrados por Ribeiro et al. (2015), avaliando a diversidade genética de estirpes bacterianas de *Bradyrhizobium* isoladas de solos cultivados com soja de diferentes regiões brasileiras quanto à nodulação e eficiência simbiótica, que observaram eficiência relativa de 85% no isolado UFLA06-24, 82% no isolado UFLA06-12 e 80% nos isolados UFLA06-03, UFLA06-28 e UFLA06-29.

De acordo com Bogino et al. (2011), embora as respostas do amendoinzeiro à inoculação de rizóbios sejam controversas, bactérias com potencial simbiótico e competitivo elevado tornam esta prática viável em substituição aos fertilizantes químicos de modo que bactérias introduzidas sejam capazes de formar simbiose efetiva e suprir a demanda da cultura, elevando a produtividade de forma sustentável nos sistemas agrícolas.

Os tratamentos com as estirpes MT08 e MT16 também foram superiores à estirpe comercial SEMIA 6144, apresentando 91,64% e 89,73% de eficiência relativa, respectivamente.

Resultados diferentes foram demonstrados por Nascimento et al. (2010), avaliando a eficiência da inoculação de rizóbios em uma cultivar de feijão caupi em solos nativos do Agreste paraibano, observando eficiência estatisticamente similar entre os isolados nativos e das plantas inoculadas com a estirpe recomendada e adubadas com nitrogênio mineral.

Embora a eficiência relativa das estirpes seja uma das variáveis que melhor expressa o processo de FBN, Ribeiro et al. (2015) destacam que aliado ao potencial simbiótico das bactérias, o conhecimento da diversidade de rizóbios habitando o solo é importante para o uso de inoculantes comerciais, sobretudo em solos brasileiros, onde a população é pouco conhecida.

Sendo assim, a eficiência relativa das estirpes nesse estudo demonstrou que embora a população de rizóbios do solo seja diversa tanto em espécies como em potencial simbiótico, as mesmas foram capazes de nodular e fixar nitrogênio atmosférico eficientemente na simbiose com o amendoim.

## 5. CONCLUSÕES

Os inoculantes provenientes das estirpes de rizóbio MT15 e MT16, apresentaram maior eficiência nas características agronômicas do amendoim, demonstrando potencial para uso como inoculante.

A distribuição da nodulação ocorreu ao longo das três camadas, especialmente na camada de 0-10cm.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, A., T., E.;GONÇALVES, C.; AYRES., M., E.; PATEMIANI, G., Z; TUCCI, M., L., S., A.; CASTRO, C., E.,F.; **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas** .7.ª Ed. rev. e atual. Campinas- SP: Instituto. Agronômico, 2014. 452 p. (Boletim IAC, n.º 200). ISSN 0375-1538

ALCÂNTARA, R. M. C. M.; XAVIER, G. R.; RUMJANEK, N. G.; ROCHA, M. M.; CARVALHO, J. S. Eficiência simbiótica de progenitores de cultivares brasileiras de feijão-caupi. **Rev. Ciênc. Agron**., Fortaleza , v. 45, n. 1, p. 1-9, mar. 2014.

ARAÚJO., R. S.; HUNGRIA, M. **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, 1994. 236 p.

ASSAD., E., D**.; AGRICULTURA de baixa emissão de carbono: a evolução de um novo paradigma**. Embrapa Informática Agropecuária (CNPTIA). São Paulo: Fundação Getúlio Vargas. 38 p. 2013 Disponível em: http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/117611/1/sumario-estudo-1.pdf, acessado em 15 de dezembro de 2017.

BARBOSA FILHO, M. P.; COBUCCI, T.; MENDES, P. N. Adubação nitrogenada no cultivo do feijoeiro comum irrigado sob plantio direto. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. (**Circular técnica**, 70).

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

BELTRÃO, N. E. M.; SOUZA JÚNIOR, S. P.; OLIVEIRA, M. I. P.; FIDELES FILHO, J.; SILVA, M. N. B. Ecofisiologia do amendoim (*Arachis hypogaea* L.). Brasília: Embrapa Informação Tecnológica , p. 125-162, 2011. (**Circular Técnica nº 3).**

BERGERSEN, F. J.; BROCKWELL, J.; GIBSON, A. H.; SCHWINGHAMER, E. A. Studies of natural populations and mutants of rhizobium in the improvement of legume inoculants. **Plant and Soil**, v. Special volume, p. 3-16, 1971.

BOGINO, P.; NIEVAS, F.; BANCHIO, E.; GIORDANO, W. Increased competitiveness and efficiency of biological nitrogen fixation in peanut via in-furrow inoculation of rhizobia. **European Journal of Soil Biology**, v. 47, p. 188-193, 2011.

BOIERO, L.; PERRIG, D.; MASCIARELLI, O.; PENNA, C.; CASSÁN, F.; LUNA, V.et al. Phytohormone production by three strains of *Bradyrhizobium japonicum* and possible physiological and technological implications. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 74, p. 874-880, 2007.

BOGINO, P.F. NIEVAS, E. BANCHIO, AND W. GIORDANO.. Increased competitiveness and efficiency of biological N fixation in peanut via in-furrow inoculation of rhizobia**. European J. Soil Biol**. Argentina 47:188–193. 2011

BOLONHEZI, D.; SANTOS, R. C.; GODOY, I. J. Manejo cultural do amendoim. In: SANTOS, R. C. **O agronegócio do amendoim no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. p. 193-244.

BONFIM-SILVA, E. M.; MONTEIRO, F. A.; SILVA, T.J.A. Nitrogênio e enxofre na produção e no uso de agua pelo capim-braquiária em degradação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p 909- 317 2007.

BORGES, W. L., SILVA, C. E., XAVIER, G. R., & RUMJANEK, N. G. Nodulação e fixação biológica de nitrogênio de acessos de amendoim com estirpes nativas de rizóbios. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 2, n. 1, 32-37, 2007.

BRASIL. Institui a política nacional sobre mudança do clima - PNMC e dá outras providências. **Lei n° 12.187 de 29 de dezembro de 2009**.

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

BRASIL. Companhia Nacional de Abastecimento-Conab. Séries históricas. Campo et al. (2010). **Rev. Bras. Ci. Solo** 34: 1103-1112, 2013.

BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores de desenvolvimento sustentável: 2015**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 352p. – (Estudos e pesquisas. Informação geográfica, ISSN 1517-1450; n. 10)

BRASIL. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 16/17,** Sexto Levantamento – fevereiro/2017. Brasília: Conab 2017. Disponível em <http//:www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_02_13_10_34_06_boletimgraos_fe39vereiro_2015.pdf > Acesso em: 20 mar 2017.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C.M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. Ciência Rural, Santa Maria, v.30, n.2, p.365-372, 2000.

BRITO, M. D. M. P.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C. D. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no

desenvolvimento de feijão e caupi. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p. 206-215, 2011.BRITO, M. M. P.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C. Marcha de absorção de nitrogênio do solo, do fertilizante e da fixação simbiótica em feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) determinada com uso de 15N. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 895-905, 2009.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.et al. (Eds.) **Fertilidade do solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.375-470.

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

CARDOSO, J. D., GOMES, D. F., GOES, K. C., FONSECA JUNIOR, N. S., DORIGO, O. F., HUNGRIA, M., & ANDRADE, D. S. Relationship between total nodulation and nodulation at the root crown of peanut, soybean and common bean plants. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 41, p. 1760-1763, 2009.

CASTRO, S.; PERMIGIANI, M.; VINOCUR, M.; FABRA, A. Nodulatiom in peanut (Arachis hypogaea L.) roots in the presence of native and inoculated rhizobia strains. **Applied Soil Ecology**. v13, p39-49, 1999.

CAVALLI, E.; LANGE, A.; BUCHELT, A. C.; CAVALLI, C.; WRUCK, F. J. Subdivision of nitrogen fertilization in irrigated bean culture in the Middle-North of Mato Grosso, Brazil. **Nativa**, v. 4, n. 5, p. 296-302, 2016.

CERETTA, C.A. Dinâmica do nitrogênio em sistemas de produção na região sul do Brasil. In: WORKSHOP NITROGÊNIO NA SUSTENTABILIDADE DE SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA, 2000, Dourados. **Anais**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2000. v.1. p.32-50.

COSTA, E. M.; NÓBREGA, R. S. A.; FERREIRA, L. V. M.; AMARAL, F. H. C.; NÓBREGA, J. C. A.; SILVA, A. F. C.; MOREIRA, F. M. S. Growth and yield of the cowpea cultivar BRS Guariba inoculated with rhizobia strains in southwest Piauí. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 6, p. 3073-3084, 2014.

CRUSCIOL, C. A. C.; LIMA, E. D.; ANDREOTTI, M.; NAKAGAWA, J.; LEMOS, L. B.; MARUBAYASHI, O. M. Efeito do nitrogênio sobre a qualidade fisiológica, produtividade e características de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 25, n. 1, p. 108-115, 2003.

DÖBEREINER, J. Recent changes in concepts of plant bacteria interactions: endophytic $N_2$ fixing bacteria. **Ci. Cult**., 44:310-313, 1992.

DURIGAN, J.C.; MATUO, T.; ANDRADE, V.M.R.M. and FERREIRA, J.C..Reação de plantas de amendoim (Arachis hypogaea L. ) ao trifluralin e mudanças na morfologia da parte subterrânea. **Planta daninha**[online]. 1991, vol.9, n.1-2, pp. 12-26. ISSN 0100-8358.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2013. 306 p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas.** 2ed. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.

FERNANDES, A. C.; RODRIGUES, T. J.; MALHEIROS, E. B.; RODRIGUES, L. R. (2005). Crescimento inicial da parte aérea e do sistema radicular de três cultivares de alfafa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 51-56.FERREIRA, A. N.; ARF, O.; CARVALHO, M. A. C.; ARAÚJO, R. S.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S. Estirpes de Rhizobium tropici na inoculação do feijoeiro. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n.3, p. 507-512, 2000.

FERREIRA, P. A. A.; Silva, M. A. P.; Cassetari, A.; Rufini, M.; Moreira, F. M. S. Inoculação com cepas de rizóbio na cultura do feijoeiro. **Ciência Rural**, ,Santa Maria, v. 39, n.7, p. 2210-2212, 2009.

ONSECA, G. G.; OLIVEIRA, D. P.; SOARES, B. L.; FERREIRA, P. A. A.; TEIXEIRA, C. M.; MARTINS, F. A. D.; MOREIRA, F. M. S.; ANDRADE, M. J. B. Resposta de cultivares de feijoeiro-comum à inoculação das sementes com duas estirpes de rizóbio. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 6, p. 1778-1787, 2013.

FIGUEIREDO, M.V.B.; BURITY, H. A.; STMFORD, N.P.; SANTOS, C. E. R. S. **Microrganismos e agrobiodiversidade: o novo desafio para a agricultura.** Guaíba: Agrolivros, 2008. 568 p.

FOWLER, D.; COYLE, M.; SKIBA, U.; SUTTON, M. A.; CAPE, J. N.; REIS, S.; SHEPPARD, L. J.; JENKINS, A.; GRIZZETTI, B.; GALLOWAY, J. N.; VITOUSEK, P.; LEACH, A.; BOUWMAN, A. F.; BUTTERBACH-BAHL, K.; DENTENER, F.; STEVEN, D.; AMANN, M.; VOSS, M. The global nitrogen cycle in the twenty-first century. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 368, p. 1-13, 2013.

FRED, E., & WAKSMAN, S. Yeast Extract:. Mannitol agar for laboratory manual of general, New York, McGraw Hill, EUA, 1928, 145p

GALLOWAY, J. N.; ABER, J. D.; ERISMAN, J. W.; SEITZINGER, S. P.; HOWARTH, R. W.; COWLING, E. B.; COSBY, B. J. The Nitrogen Cascade. **BioScience**, v. 53, n. 4, p. 341-356, 2003

GIARDINI, A.R.; LOPES, E.S.; SAVY FILHO, A.; NEPTUNE, A.M.L. Inoculação com Rhizobium e aplicação de nitrogênio em amendoim. **Bragantia**, v.44, n.1, p. 27-39, 1985.

GODOY, J.I.. A qualidade do amendoim: o que também precisa ser dito.

Disponível em: http://www.correpar.com.br/amend_cenario2.htm. Acessado em 26/09/2005

GODOY, I. J.; MINOTTI, D.; RESENDE, P. L. Produção de amendoim de qualidade. Viçosa: Centro de Produções Técnicas, 2005. 168 p.

GUIMARÃES, S. L.; BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L.; JACOB-NETO, J. Adição de molibdênio ao inoculante turfoso com bactérias diazotróficas usado em duas cultivares de arroz irrigado. **Pesq. agropec. bras**., v.42, n.3 , p.393-398, 2007.

GUIMARÃES, S. L.; BALDANI, V. L. D.; JACOB-NETO, J. Viabilidade do inoculante turfoso produzido com bactérias associativas e molibdênio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 10-15, 2013

GUIMARÃES, S. L.; CARDINAL, M., S.,; BONFIM-SILVA, E. M.; POLIZEL,A. C. Development of cv. BRS Novaera cowpea inoculated with rhizobium recommended for pigeonpea. **Científica**, Jaboticabal, v.43, n.2, p.149–155, 2015.

HARDARSON, G.; M. GOLBS, Nitrogen fixation in soybean (Glycine max L. Merrill) as affected by nodulation patterns. **Soil Biol**. **Biochem.** Austria. 21:783–787. 1989

HERRIDGE, D. F.; PEOPLES, M. B.; BODDEY, R. M. Global inputs of biological nitrogen fixation in agricultural systems. **Plant and Soil**, v. 311, n. 1-2, p. 1-18, 2008.

HOFFMAN, L. V.; SOUSA, J. M.; JACOME, R. G.; SUASSUNA, T. M. F. Seleção de isolados de rizóbio para nodulação de amendoim. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 11, n. 2, p. 107-111, 2007.

HUANG, H.Q.; HE, F.R.; CHEN, Z. H. Study on the Biological Characteristic of fastgrowing peanut rhizobial strains. **Journal Sichuan Agricultural University**, v. 85, n. 8, p. 188-193, 1990

HUNGRIA, M.; ARAUJO, R., S. **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Embrapa-Serviço de Produção e Informação, 1994.

HUNGRIA, M. Fixação biológica do nitrogênio em feijoeiro. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos cerrados**. Brasília: Embrapa Cerrado, 1997. cap. 5, p. 187-258.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **Fixação biológica de nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, v. n. 13, 2001. 48 p.

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J.C.; CAMPO, R.J.; CRISPINO, C.C.; MORAES, J.Z.; SIBALDELLI, R.N.R.; MENDES, I.C.; ARIHARA, J. Nitrogen nutrition of soybean in Brazil: contributions of biological $N_2$ fixation and of N fertilizer to grain yield. **Canadian Journal of Plant Science** 86:927-939, 2006. p. 927- 939

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. A importância do processo de fixação biológica de nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80p. Embrapa Soja. **Documentos**, nº283.

HUNGRIA, M., MENDES, I. C., MERCANTE, F. M. **A fixação biológica de nitrogênio como tecnologia de baixa emissão de carbono para as culturas do feijoeiro e da soja**. Embrapa Soja. (Documentos, 337).

IBGE, **Produção Agrícola Municipal 2015**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. The science of climate change. In: HOUGHTON, J.T.; MEIRA FILHO, L.G.; CALLANDER, B.A.; HARRIS, N.; KATTENBERG, A.; MASKELL, K. (Ed.). **Climate change 1995**. Cambridge: University Press, 1996. p. 22.

Jacobs WP. 1947. The development of the gynophore of the peanut plant (Arachis hypogaea L.). I. The distribution of mitosis, the region of greatest elongation, and the maintenance of vascular continuity in the intercalary meristem. **American Journal of Botany** 34: 361–371.

LIRA JUNIOR, M. A. ; CONTRASTE ORTOGONAL – A GRANDE QUESTÃO . ESTATÍSTICA APLICADA A AGRONOMIA. UFPER, DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA. RECIFE, 2013. Disponível em: http://lira.pro.br/wordpress/?p=4612, acessado em julho de 2016LOPES, A. S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L. R. G.; SILVA, C. A. **Sistema plantio direto**: bases para o manejo da fertilidade do solo. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos, 2004. 110 p.

KASAI, F. S.; DEUBER, R. **Manejo de plantas daninhas na cultura do amendoim.** 23p. Instituto Agronômico - IAC Tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC, 207. Campinas. 2011.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; THUNG, M.; OLIVEIRA, F.R. de A. **Manejo antecipado do nitrogênio nas principais culturas anuais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 64p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 188).

KRAPOVICKAS, A.; GREGORY, W.C. Taxonomia del genero Arachis (Legunimosae). Bonplandia, Corrientes, v.8, n.1/4, p.1-186. 1994

KULSUM, M. U.; BAQUE, M. A.; KARIM, M. A. Effects of different nitrogen levels on the leaf chlorophyll content nutrient concentration and nutrient uptake pattern of blackgram. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 10, p. 250-254, 2007.

LOPES, E. S.; TELLA, R.; ROCHA, J. L. V.; IGUE, T. Inoculação de sementes de amendoim (*Arachis Hypogea* L.). **Bragantia**, v. 31, n. 6, p. 27-34, 1972.

LOPES, E. S., & GIARDINI, A. R. Sobrevivência de *Rhizobium phaseoli* em turfa esterilizada. **Bragantia***, v. 36, n. 10*, 39-42, 1977.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** São Paulo, Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E., VITTI, G. C. OLIVEIRA, S. A**. Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: Princípios e Aplicações**. Piracicaba. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 319p. 1997.

MARTINS, L. M. V.; XAVIER, G. R.; RANGEL, F. W.; RIBEIRO, J. R. A.; NEVES, M. C. P.; MORGADO, L. B.; RUMJANEK, N. G. Contribution of biological nitrogen fixation to cowpea: a strategy for improving grain yield in the semi-arid region of Brazil. **Biology and Fertility of Soils**, v.38, p.333-339, 2003.

MARTINS, R., Amendoim: o mercado brasileiro no período de 2000 a 2011. In: SANTOS. R. C., FREIRE, R. M. M, LIMA., L. M. **O agronegócio do amendoim no Brasil**, Embrapa Algodão, 2013, p.21-42.

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

McDermott, T.R. and P.H. GrahamBradyrhizobium japonicum inoculant mobility, nodule occupancy, and acetylene reduction in soybean root system. **Appl. Environ. Microbiol**. Minnesota, 55:2493–2498. 1989.

MELO, N. C.; ALMEIDA, R. F.; SILVA, V. F. A.; FERREIRA, R. L. C.; VALENTE, G. F. Análise multivariada no crescimento e nodulação de feijão caupi com doses de nitrogênio. **Enciclopédia Biosfera - Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 11, n. 21, p. 142-151, 2015.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Fixação biológica de nitrogênio atmosférico. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2006. cap. 9, p. 449-542

NASCIMENTO, L. R. S.; SOUSA, C. A.; SANTOS, C. E. R. S.; FREITAS, A. D. S.; VIEIRA, I. M. M. B.; SAMPAIO, E. V. S. B. Eficiência de isolados de rizóbios nativos do agreste paraibano em caupi. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n.1, p. 36-42, 2010.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; TÁVORA, F. J. A. F. Ecofisiologia do amendoim (Arachis hypogaea L.) In: SANTOS, R. C. **O agronegócio do amendoim no Brasil**. Campinagrande: Embrapa – CNPA, 2005, 451 p.

PARSONS, R.; SUNLEY, R. J. Nitrogen nutrition and the role of root-shoot nitrogen signalling particularly in symbiotic systems. **Journal of Experimental Botany**, v. 52, p. 435-443, 2001.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1996. 285 p. (IAC. Boletim Técnico, 100).

RIBEIRO, P. R. A.; SANTOS, J. V.; COSTA, E. M.; LEBBE, L.; ASSIS, E. S.; LOUZADA, M. O.; GUIMARÃES, A. A.; WILLEMS, A.; MOREIRA, F. M. S. Symbiotic efficiency and genetic diversity of soybean bradyrhizobia in Brazilian soils. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 212, p. 85-93, 2015.

ROWLAND, D. L., SMITH, C., COOK, A., MASON, A., SCHREFFLER, A., & BENNETT, J. (2015). Visualization of peanut nodules and seasonal nodulation pattern in different tillage systems using a minirhizotron system. **Peanut Science**, 42, 1-10.

RUFINI, M.; FERREIRA, P. A. A.; SOARES, B. L.; OLIVEIRA, D. P.; ANDRADE, M. J. B.; MOREIRA, F. M. S.et al. Simbiose de bactérias fixadoras de nitrogênio com feijoeiro-comum em diferentes valores de pH. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 1, p. 81-88, 2011.

SANT'ANA, E. V. P.; SANTOS, A. B.; SILVEIRA, P. M. Adubação nitrogenada na produtividade, leitura SPAD e teor de nitrogênio em folhas de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 4, p. 491-496, 2010.SANTOS, C. E. R. S.; STAMFORD, N. P.; FREITAS, A. D. S.; VIEIRA, I. M. M. B.; SOUTO, S. M.; NEVES, M. C. P.; RUMJANEK, N. G. Efetividade de rizóbios isolados de solos da região Nordeste do Brasil na fixação do N2 em amendoim (*Arachis hypogaea* L.). **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 2, p. 301-307, 2005.

SANTOS, C. E. R. S., FREITAS, A. D. S., VIEIRA, I. M. M. B., COLAÇO, W. Fixação simbiótica do N2 em leguminosas tropicais. In: FIGUEIREDO, M.V.B., BURITY, H.A., STAMFORD, N.P., SANTOS, C.E.R.S. (Eds) **Microrganismos e agrobiodiversidade: o novo desafio para agricultura**. Guaíba: Agrolivros pp.17-31, 2008.

SANTOS, C., C. D.; GUIMARÃES, S., L.; FARIAS, L., D., N.; BONFIM-SILVA, E., M. ; POLIZEL, A., C. Crescimento inicial de plantas de amendoim inoculadas com rizóbio isolado de feijão caupi. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.18; p. 2014

SANTOS, J., F.; GODOY, I., J.; FÁVERO, A., P.; MOURA, N., F.; MICHELOTTO, M., D.; MARTINS, A., L., M.; Resistência à mancha preta em populações F4 selecionadas de cruzamentos entre o amendoim cultivado e um anfidiplóide de Arachis. **Bragantia.** 2011, vol.70, n.3, pp. 512-518. Epub. Sep. 09, 2011. ISSN 0006-8705.

SANTOS, R.C.; GODOY, J.I.; FÁVERO, A.P. Melhoramento do amendoim e cultivares comerciais. In: SANTOS, R. C., FREIRE, R. M. M, LIMA., L. M., **O agronegócio do amendoim no Brasil**, Embrapa Algodão, 2013, p.117-168.

SCHOSSLER, J. H.; MEERT, L.; RIZZARDI, D. A.; MICHALOVICZ, L. Componentes de rendimento e produtividade do feijoeiro comum submetido à inoculação e co-inoculação com estirpes de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*. **Revista Scientia Agraria**, Curitiba, v. 17, n. 1, p. 10-15, 2016.

SCHULTZE, M.; KONDOROSI, E.; RATET, P.; BUIRÉ, M.; KONDOROSI, A. Cell and molecular biology of Rhizobium – plant interactions**. International Review Cytology,** New York, v.156, p.1-75, 1994.

Santos, C.E.R.S. **Diversidade, faixa hospedeira e eficiência de fixação biológica de N2 de rizóbio nativo da região Nordeste do Brasil, em amendoim (*Arachis hipogaea*).** Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2001. 178p. Tese de doutorado.

SILVA, G. J., MAIA, J. C. S.; BIANCHINI, A. Crescimento da parte aérea de plantas cultivadas em vaso, submetidas à irrigação subsuperficial e a diferentes graus de compactação de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico**. Revista Brasileira Ciência do Solo**. v.30, p. 31-40, 2006.

SILVA, P.C.G.; FOLONI, J.S.S.; FABRIS, L.B. & TIRITAN, C.S. Fitomassa e relação C/N em consórcios de sorgo e milho com espécies de cobertura. **Pesq. Agropec. Bras**., 44:1504-1512, 2009.

SICHMANN, W.; NEPTUNE, A.M.L.; SABINO,N.P. Acumulação de macronutrientes pelo amendoim (Arachis hypogaea L.) cultivado em outono na época da seca. In: BOLONHEZI, D.; Pereira, J.C.V.N.A.;GODOY, I.J.; GENTILIN Jr., O; FREITAS, S.S. **O agronegócio do amendoim no Brasi**l. Campina grande: Embrapa – CNPA, 2005, 451 p.

SILVA, A. C.; CAVALCANTE, A. C. P.; CAVALCANTE, A. G.; DINIZ NETO, M. A. Bactérias fixadoras de nitrogênio e substratos orgânicos no crescimento e

índices clorofiláticos de amendoim. **Revista AGROTEC** , v. 37, n. 1, p. 1-8, 2016.

SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.; GRISI, B.M.; HUNGRIA, M. & ARAUJO, R. **Microrganismos e processos biológicos do solo.** Perspectiva Ambiental. Brasília, DF. Embrapa, 1994. 142p.

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

TAJIMA, R., MORITA, S., & ABE, J. Distribution pattern of root nodules in relation to root architecture in two leading cultivars of peanut (Arachis hypogaea L.) in Japan. **Plant Production Science**, v. 9, p. 249-255, 2006.

Tajima, R., Abe, J., Lee, O. N., Morita, S., & Lux, A. (2008). Developmental Changes in Peanut Root Structure during Root Growth and Root-structure Modification by Nodulation. *Annals of Botany*, *101*(4), 491–499. http://doi.org/10.1093/aob/mcm322

TORRES-JÚNIOR, C. V.; LEITE, J.; SANTOS, C. E. R. S.; FERNANDES-JÚNIOR, P. I.; ZILLI, J. É.; RUMJANEK, N. G.; XAVIER, G. R. Diversity and symbiotic performance of peanut rhizobiafrom Southeast region of Brazil. **African Journal of Microbiology Research**, v. 8, n. 6, p. 566-577, 2014.

VICENTE, J. R; SAMPAIO, R. M. Impactos Econômicos de Inovações Agrícolas: o caso das cultivares de amendoim em São Paulo. **Rev. de Economia Agrícola**, São Paulo, v. 60, n. 2, p. 9-22, 2013.

ZILLI, J. E.; VALICHESKI, R. R.; RUMJANEK, N. G.; SIMÕES-ARAÚJO, J. L.; FREIRE FILHO, F. R.; & NEVES, M. C. Eficiência simbiótica de estirpes de Bradyrhizobium isoladas de solo do Cerrado em caupi, **Pesq. Agrop. Bras**., v. 41, p. 811-818, 2006