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

MAIZA LONGO MUSSATO

INOCULAÇÃO DE BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS EM *Dolichos lablab* SUBMETIDO À DISPONIBILIDADE HÍDRICA

RONDONÓPOLIS - MT
2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MATO GROSSO
INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola

MAIZA LONGO MUSSATO

INOCULAÇÃO DE BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS EM *Dolichos lablab* SUBMETIDO À DISPONIBILIDADE HÍDRICA

Orientador: Prof. Dr. SALOMÃO LIMA GUIMARÃES

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

RONDONÓPOLIS - MT
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

M989i Mussato, Maiza Longo.
Inoculação de bactérias diazotróficas em Dolichos lablab submetido à disponibilidades hídricas / Maiza Longo Mussato. -- 2019
66 f. ; 30 cm.

Orientador: Profº Dr. Salomão Lima Guimarães..
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Rondonópolis, 2019.
Inclui bibliografia.

1. Feijão labe-labe. 2. Cerrado. 3. Fixação biológica de nitrogênio. I. Título.

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

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

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

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: INOCULAÇÃO DE BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS EM *Dolichos lablab* SUBMETIDO À DISPONIBILIDADE HÍDRICA

AUTORA: MAIZA LONGO MUSSATO

Dissertação defendida e aprovada em 28 de fevereiro de 2019.

Presidente da Banca / Orientador: Prof. Dr. Salomão Lima Guimarães
Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso

Examinador Interno: Prof. Dr. Jefferson Vieira José
Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso

Examinadora Externa: Drª. Ana Paula Alves Barreto Damasceno
Instituição: Pesquisadora Associada – CNPq/FAPEMAT

Rondonópolis - MT, 28 de fevereiro de 2019.

Ao meu pai que sempre acreditou em mim, saudades eternas!

Aos meus avós maternos, meus segundos pais!

A meu marido e minha mãe pelo apoio.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade de realizar um sonho mesmo com todas as limitações e desafios a que me foram apresentados.

À Universidade Federal de Mato Grosso – Câmpus de Rondonópolis, através do programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, por conceder a oportunidade de continuidade dos estudos e aprimoramento profissional.

Ao meu marido, pela paciência e companheirismo nesse período de estudos.

Ao orientador Prof. Dr. Salomão Lima Guimarães por me aceitar como orientanda, mesmo dentro de minhas limitações temporais, dando-me liberdade na escolha e condução do trabalho, pelo respeito e profissionalismo.

Aos professores Drª Edna Maria Bonfim-Silva, Dr. Jefferson Vieira e Drª Analy Polizel pelos auxílios prestados em todos os momentos de dúvidas com carisma e paciência.

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

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

INOCULAÇÃO DE BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS EM *Dolichos lablab* SUBMETIDO À DISPONIBILIDADE HÍDRICA

Resumo: O feijão labe-labe (*Dolichos lablab* L.) é uma espécie utilizada principalmente como adubo verde e na alimentação humana. Em outros países, como o Quênia, é um substituto ao feijão comum pela alta concentração de proteínas. No Brasil, a produção concentra-se na região Nordeste e Sul, sendo uma leguminosa com vasta adaptabilidade a diversos tipos de solo e clima. O presente estudo teve como objetivo avaliar o desenvolvimento do feijão labe-labe inoculado com estirpes de rizóbio e submetido à disponibilidade hídrica. O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal de Mato Grosso, Câmpus Universitário de Rondonópolis. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 5x3, os quais corresponderam às disponibilidades hídricas (20%, 40%, 60%, 80% e 100% da capacidade do vaso), duas estirpes de rizóbio: MT15 (*Rhizobium tropici*), BR3267 (*Bradyrhizobium Japonicum*) e ausência de inoculação. Cada tratamento foi constituído por quatro repetições, perfazendo um total de 60 unidades experimentais. As variáveis analisadas foram altura de planta, diâmetro do caule, índice de clorofila, relação massa seca da parte aérea / massa seca da raiz, período de florescimento, abscisão foliar, volume de raízes, número de folhas e nódulos, massa seca da parte aérea, nódulos e raízes, concentração de nitrogênio na parte aérea, raízes e total, proteína bruta e acúmulo de nitrogênio (parte aérea e raízes). Os resultados foram submetidos à análise de normalidade dos dados e homogeneidade das variâncias com auxílio do software estatístico R, posteriormente os dados em conformidade foram submetidos à análise de variância, sendo que os dados qualitativos avaliados pelo teste de Tukey e os quantitativos foram submetidos ao teste de regressão. Os efeitos da inoculação foram positivos em feijão labe-labe, cujas médias mais relevantes foram proporcionadas pela inoculação com a estirpe MT 15, resultando em aumento no número de folhas, volume de raízes, número de nódulos, concentração de nitrogênio na parte aérea, menores médias de abscisão foliar e maior período de florescimento. Os resultados demonstraram também que a inoculação e a disponibilidade hídrica não interferiram na massa seca das raízes, na relação entre massa seca da parte aérea e raízes, e proteína bruta. Conclui-se que a inoculação pode proporcionar melhor desenvolvimento em feijão labe-labe e maior resistência ao período com baixa disponibilidade hídrica.

Palavras – chave: Feijão labe-labe, Cerrado, fixação biológica de nitrogênio.

ABSTRACT

INCHULATION OF DIAZOTROPHIC BACTERIA IN *Dolichos lablab* SUBMITTED TO WATER AVAILABILITIES

Lablab is a species used mainly as green manure and human food. In other countries, like Kenya, it is a substitute for common beans for high protein concentration. Being a leguminous with great adaptability to different sorts of soil and climate, the production in Brazil is concentrated on the Northeast and South. The present study had as objective to evaluate the development of the lablab bean inoculated with strains of rhizobia and submitted to water availability. The experiment was conducted in the Federal University of Mato Grosso's greenhouse, campus of Rondonópolis. The treatments were arranged in a 5x3 factorial scheme, which corresponded to the water availability (20%, 40%, 60%, 80% and 100% of pot capacity), two rhizobia strains: MT15 (Rhizobium tropici), B R3267 (Bradyrhizobium Japonicum) and absence of inoculation. Each treatment consisted of four replicates, making a total of 60 experimental units. The variables analyzed were: plant height, stem diameter, chlorophyll index, dry mass ratio of aerial part / dry root mass, flowering period, leaf abscission, dry mass of shoots and roots, volume root, number of leaves, number and dry mass of nodules, concentration of nitrogen in shoot, crude protein and nitrogen accumulation of shoots and roots. The results were submitted to analysis of normality of the data and homogeneity of the variances with the aid of the statistical software R, later the data according to were submitted to analysis of variance, being that the qualitative data evaluated by the Tukey test and the quantitative ones were submitted to the test regression analysis. The effects of inoculation were positive for labe-labe bean, whose most relevant averages were provided by the inoculation with the MT 15 strain, resulting in an increase in leaf number, root volume, number of nodules, nitrogen concentration in shoot, lower mean leaf abscission and higher flowering period. The results also showed that inoculation and water availability did not interfere in dry mass of the roots, in relation between shoot dry mass and roots, and crude protein. It is concluded that the inoculation can provide better development in labe-labe bean and greater resistance to the period with low water availability.

Key words: Lablab bean, Cerrado, biological nitrogen fixation

SUMÁRIO

1. **INTRODUÇÃO** 10
2. **REVISÃO DE LITERATURA** 12
   - 2.1 ***Dolichos lablab* L.** 12
   - 2.2 **O uso do labe-labe como adubo verde** 13
   - 2.3 **Disponibilidade hídrica** 14
   - 2.4 **Fixação biológica de nitrogênio** 16
3. **MATERIAL E MÉTODOS** 18
   - 3.1 **Área de estudo** 18
   - 3.2 **Variação da temperatura e umidade** 18
   - 3.3 **Delineamento experimental** 19
   - 3.4 **Coleta e correção do solo** 20
   - 3.5 **Disponibilidade hídrica, semeadura e inoculação** 21
   - 3.6 **Variáveis analisadas** 22
   - 3.7 **Análise Estatística** 25
4. **RESULTADOS E DISCUSSÃO** 26
   - 4.1 **Altura de plantas** 26
   - 4.2 **Diâmetro de caule** 28
   - 4.3 **Número de folhas** 30
   - 4.4 **Índice de clorofila Falker** 31
   - 4.5 **Massa seca da parte aérea** 33
   - 4.6 **Volume de Raízes** 35
   - 4.7 **Massa seca total** 36
   - 4.8 **Nodulação** 38
     - 4.8.1 **Número de nódulos** 38
     - 4.8.2 **Massa seca de nódulos** 40
   - 4.9 **Concentração de nitrogênio nas raízes** 41
   - 4.10 **Concentração de nitrogênio na parte aérea** 42
   - 4.11 **Acúmulo de nitrogênio** 43
   - 4.12 **Abscisão foliar** 45
   - 4.13 **Período de florescimento** 47
5. **CONCLUSÃO** 49
6. **REFERÊNCIAS** 49

ANEXO A – RESUMO DAS ANÁLISES DE VARIÂNCIA 63

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01: Temperaturas e umidade relativa máximas, médias e mínimas durante o período de condução do experimento em Casa de Vegetação 20
FIGURA 02: Inoculação do experimento em casa de vegetação aos 15 dias após a semeadura..... 24
FIGURA 03: Distribuição das unidades experimentais em casa de vegetação aos 35 DAS..... 24
FIGURA 04: Altura de plantas do labe-labe aos 35 e 50 DAS inoculadas com rizóbio e submetidas às disponibilidades hídricas..... 28
FIGURA 05: Altura de plantas aos 55 dias após a semeadura..... 29
FIGURA 06: Diâmetro do caule do labe-labe aos 35 DAS inoculadas com rizóbio e submetidas às disponibilidades hídricas 30
FIGURA 07: Número de folhas do labe-labe aos 35 dias DAS inoculadas com rizóbio e submetidas às disponibilidades hídricas 32
FIGURA 08: Índice de clorofila Falker em plantas de labe-labe aos 35 e 55 DAS inoculadas com rizóbio e submetidas às disponibilidades hídricas.....34
FIGURA 09: Massa seca parte aérea do labe-labe aos 55 DAS inoculadas com rizóbio e submetido às disponibilidades hídricas 36
FIGURA 10: Volume de raízes do labe-labe inoculadas com rizóbio e submetidas às disponibilidades hídricas..... 37
FIGURA 11: Massa seca total do labe-labe inoculadas com rizóbio e submetido às disponibilidades hídricas..... 39
FIGURA 12: Número de nódulos de labe-labe avaliados aos 55 DAS na estirpe BR3267 e disponibilidade hídrica de 80% da capacidade de campo 41
FIGURA 13: Número de nódulos do labe-labe em função da inoculação com rizóbio e submetido às disponibilidades hídricas 41
FIGURA 14: Massa seca dos nódulos do labe-labe inoculadas com rizóbio e submetidas às disponibilidades hídricas..... 42
FIGURA 15: Acúmulo de nitrogênio do labe-labe em função da inoculação com rizóbio e submetido às disponibilidades hídricas 46
FIGURA 16: Abscisão foliar do labe-labe aos 29 DAS em função da inoculação com rizóbio e sob diferentes disponibilidades hídricas..... 48
FIGURA 17: Abscisão foliar do labe-labe aos 48 DAS inoculadas com rizóbio e sob diferentes disponibilidades hídricas..... 48
FIGURA 18: Período de florescimento do labe-labe inoculadas com rizóbio e submetidas às disponibilidades hídricas 50

LISTA DE TABELAS

TABELA 01: Croqui do experimento em casa de vegetação 21
TABELA 02: Caracterização química e granulométrica na camada 0-20 cm do Latossolo Vermelho distrófico 22
TABELA 03: Número de folhas de labe-labe inoculado com rizóbio e cultivado sob disponibilidades hídricas aos 35 DAS 32
TABELA 04: Volume de raízes de labe-labe inoculado com rizóbio e cultivado sob disponibilidades hídricas..... 38
TABELA 05: Massa seca total do labe-labe inoculado com rizóbio e cultivado sob disponibilidades hídricas 39
TABELA 06: Número de nódulos do labe-labe inoculado com rizóbio e cultivado sob disponibilidades hídricas 40
TABELA 07: Concentração de nitrogênio em raízes de labe-labe inoculado com rizóbio e cultivado sob disponibilidades hídricas 43
TABELA 08: Concentração de nitrogênio na parte aérea do labe-labe inoculado com rizóbio e cultivado sob disponibilidades hídricas 45
TABELA 09: Abscisão foliar em plantas de labe-labe inoculado com rizóbio e cultivado sob disponibilidades hídricas 49

1. INTRODUÇÃO

O feijão labe-labe é uma leguminosa que pode ser utilizada na alimentação ou como adubo verde, que é uma técnica viável e eficiente na substituição dos fertilizantes químicos. Outra utilização é como planta de cobertura, proporcionando um aumento no teor de biomassa no solo e disponibilizando nitrogênio através do processo de fixação biológica (SOUZA et al., 1992; NASCIMENTO; SILVA, 2004, FIGUEIREDO et al., 2008).

Os solos do Cerrado apresentam baixa capacidade de troca iônica, baixa fertilidade e matéria orgânica. Desse modo, o uso da técnica da adubação verde proporciona melhoria nos fatores químicos, físicos e biológicos do solo, disponibilizando nitrogênio e outros nutrientes às diversas culturas (CARVALHO; AMABILE, 2006).

Entretanto, o manejo inadequado destas leguminosas, como o uso repetitivo das mesmas cultivares na rotação de culturas pode promover a seleção na microbiota e aumento da incidência de nematóides no solo, sendo necessário a rotatividade destas espécies destinadas à adubação verde (BEZERRA; CANTALICE, 2009, CECON et al., 2018).

O feijão labe-labe apresenta eficiente nodulação com bactérias fixadoras de nitrogênio, principalmente com bactérias do gênero *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, no entanto, fatores bióticos e abióticos afetam diretamente a fixação biológica de nitrogênio (FBN), ocasionando a diminuição da produção e eficiência dos nódulos, reduzindo a absorção de nitrogênio (MINASRI et al., 2007, CHEMINING´WA et al.,2017).

Dentre os fatores abióticos, as limitações de disponibilidade hídrica afetam a distribuição e a atividade na nodulação e do sistema radicular das leguminosas, influenciando diretamente na produtividade e produção da matéria seca (OLIVEIRA et al., 2017). Por isso, a escolha de adubos verdes deve considerar as condições climáticas locais, priorizando leguminosas mais adaptadas ao déficit hídrico, observando suas características morfofisiológicas, como sistema radicular robusto e eficiente, assim como a efetividade da nodulação e da FBN (MARTIN; RIVERA, 2015).

O conhecimento das respostas nas leguminosas em condições de déficit hídrico é importante para tomada de decisão, principalmente em relação à época de

plantio e o manejo dos adubos verdes em períodos de seca ou chuvosos (Barbosa et al., 2012). A influência da disponibilidade hídrica no solo resulta na eficiência da FBN, e consequentemente, na produção da matéria seca (CEREZINI et al., 2017).

Desse modo, a hipótese para este trabalho foi que o feijão labe-labe apresenta resistência ao estresse hídrico quando em simbiose com rizóbio.

Neste contexto, objetivou-se com o presente estudo avaliar o desenvolvimento do feijão labe-labe inoculado com estirpes de rizóbio e submetido à disponibilidade hídrica.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Dolichos lablab* L.

O labe-labe (*Dolichos lablab* L) pertence à família *leguminosae*, subfamília *papilionoidea* e tribo *Phaseoleae*. É., originária do Sul da África, Índia e Ásia, conhecida popularmente como mangalô, jacinto ou orelha de padre no Brasil. Já na Argentina é intitulado como poroto-japonês, na Angola é apelidado de feijão cutelinho ou N´zalla (CARVALHO; AMABILE, 2006, SILVEIRA, 2006, SAHA; RAQUE, 2005).

Achados arqueológicos relatam que o labe-labe é uma cultura antiga. Segundo estudos botânicos, a espécie é utilizada como alimento desde o século 4 d. C. na Núbia egípcia (FULLER, 2003).

No Brasil, o labe-labe é uma leguminosa utilizada na decoração de jardins, alimentação, fármaco e na adubação verde. Pode ser considerado também como uma planta de alimentação não convencional, cultivada em cercas e hortas comunitárias em regiões litorâneas no estado São Paulo e na Bahia, utilizado como planta ornamental e alimentício (RIGO, 2017, CARVALHO; AMABILE, 2006, BAHIA, 2014).

Na área alimentícia, o labe-labe pode apresentar diversas utilidades, principalmente culinária, como em doces, pastéis, tortas, utilizando tanto a vagem verde quanto a semente, podendo substituir o feijão comum em feijoada e dobradinha, por apresentar alto teor de proteína variando entre 18 a 22% (RIGO, 2017).

Nos Estados Unidos, é utilizado como complemento alimentar na dieta de ruminantes, pois apresenta alto teor nutritivo, alta produção de matéria seca, adaptação local e formação considerável de forragem em período de estiagem (MURPHY; COLUCCI, 1999).

Os principais entraves do cultivo do labe-labe está na produção como forrageira, principalmente em larga escala, podendo ocorrer excessiva formação de folhagens no período de florescimento, vindo a ocasionar timpanismo na bovinocultura (CALEGARI et al.,1993).

As principais cultivares do labe-labe utilizadas no Brasil são a IAC 697 e a Rongai. A IAC 697 foi desenvolvida em 1940 no Instituto Agronômico de Campinas. A Rongai foi desenvolvida em 1962, na Austrália, a partir das sementes importadas do Egito (CAMERON, 2013, PADOVAN, 2013, PADOVAN; SILVA, 2007).

O labe-labe é uma planta anual ou bianual adaptada ao clima tropical e subtropical. No Cerrado, principalmente no Centro-Oeste, recomenda-se o cultivo em período de chuvas, entre os meses de outubro a março (DUKE, 1981, AMORIM et al., 2012).

O labe-labe apresenta algumas características anatômicas principais, entre as quais, o desenvolvimento de hastes em torno de 10 metros, dependendo do cultivar, as folhas são pinadas e trifoliadas, com folíolos largos e ovalados, e suas vagens são achatadas, apresentando de 6 a 10 sementes por vagem, cujo comprimento varia de 5 a 20 cm e de 1 a 5 cm de largura (DUKE, 1981, CARVALHO; AMABILE, 2006, DERPSCH et al., 1985).

As variações térmicas influenciam diretamente na produtividade do labe-labe, sendo que os maiores rendimentos ocorrem na faixa de 19 a 24ºC, mesmo com temperaturas elevadas de até 35ºC, a cultura pode apresentar uma compensatória produtividade.

A planta exibe comportamento variável em relação ao período de florescimento e maturação quando semeada no início ou no final do período chuvoso, a floração pode variar de 98 a 156 dias, e a maturação entre 154 a 209 dias (Carvalho, Amabile, 2006, Pereira, 1991, Pereira et al. 2016), apresentando bom desenvolvimento em solos com baixa e média fertilidade, tolerante a acidez no solo. No entanto, em solos cuja acidez é inferior a 5,5 ocorre o retardamento do crescimento da cultura (CALEGARI et al.,1993, ABDEL–WAHAB et al, 2002, BENSELAMA et al, 2018).

2.2 O uso do labe-labe como adubo verde

Inúmeras espécies vegetais podem ser utilizadas como adubos verdes, com destaque para as leguminosas, devido à produção de matéria seca e a eficiência na absorção de nitrogênio pela fixação biológica (Carvalho; Amabile, 2006), proporcionando melhorias na fertilidade do solo (Sousa et al., 2010). Cameron (2013) afirma que na Austrália o labe-labe apresenta potencial para a fixação de nitrogênio, podendo proporcionar de 66 a 180 kg ha^{-1} por nitrogênio fixado.

De acordo com Cavalcante et al. (2012), em trabalho conduzido no Agreste Alagoano, a produção de matéria seca de labe-labe foi em torno de 3,2 ton ha^{-1}, sendo

similar a outras leguminosas utilizadas como adubo verde, a exemplo do feijão de porco e da mucuna preta.

Trabalho realizado no Semi-árido nordestino com consórcio de adubos verdes e milho reafirma que o uso de labe-labe apresentou destaque entre as principais leguminosas, gerando acréscimosno teor de massa seca (SILVA et al., 2007).

No estado de São Paulo, pesquisas com uso de adubos verdes em renovação da cana-de-açúcar apresentaram aumento do rendimento médio de 26 ton ha^{-1} na produção de colmos, com o pré-cultivo de leguminosas. No ano de 2006 utilizando labe-labe como adubo verde, a produtividade média foi de 70,7 ton ha^{-1} de colmos, representando aumento em 22% do rendimento médio anual (MASCARENHAS et al, 2008).

Pesquisas com adubos verdes na produção de laranja pera, comparando a cobertura de solo promovida pelas leguminosas avaliadas (labe-labe, crotalária e mucuna-preta) com a braquiária na produtividade desta cultura, demonstraram que o uso de leguminosas foi equivalente à gramínea no incremento de matéria seca e de nutrientes ao solo (RAGOSO; LEONEL; CROCCI, 2006).

2.3 Disponibilidade hídrica

A disponibilidade hídrica é uma das condições indispensáveis para o êxito da produtividade agrícola. Os principais fatores que afetam a disponibilidade hídrica são a precipitação e a evapotranspiração, cuja diferença entre estes fatores resulta na quantidade de água retida no solo (ANA, 2005).

A água disponível no solo para as plantas pode ser definida como a quantidade de água que este retém após o termino de sua drenagem, inicialmente saturado, ou seja, é o intervalo entre o limite superior e o limite inferior de água no solo, habitualmente conhecidos como capacidade de campo e ponto de murcha permanente. Sua determinação pode ocorrer em laboratório com equipamentos específicos, cujo valores variam em relação ao tipo e composição granulométrica (MANTOVANI et al., 2009).

A falta de manejo adequado do solo, em períodos chuvosos ou estiagem, pode ocasionar gradativamente a sua degradação, ocasionando a diminuição da

matéria orgânica e exposição ao vento e a chuva (Correia et al., 2001), proporcionando o aumento do efeito da erosão, cuja ação das gotas de água que golpeiam o solo durante a chuva pode resultar em escoamento superficial (BEZERRA; CANTALINI, 2009).

A cobertura vegetal no solo, com manejo de leguminosas como adubos verdes, pode proporcionar a redução na perda da superfície do solo por desagregação de partículas, aumentando a infiltração de água no perfil do solo e diminuindo a formação do selamento superficial (EIRAS; COELHO, 2011; COGO et al., 2003).

O potencial hídrico negativo é resultante da diminuição da umidade do solo, cujo fator altera morfologicamente o desenvolvimento das culturas. Estas características são agentes determinantes para escolha de espécies vegetais tolerantes às variações hídricas do solo. Assim, mesmo com uma grande diversidade de cultivares adaptadas à deficiência hídrica, novas alternativas para a adubação verde podem proporcionar melhorias nas características bioquímicas do solo (LARCHER, 2000).

O estresse hídrico também pode ser causado por inundação ou tempo prolongado com excesso de água, podendo provocar hipoxia ou anoxia na cultura, dependendo do tempo de exposição e pela sensibilidade da planta, ocasionando danos a raízes e inibindo a respiração celular (KERBAUY, 2004).

Devido a este fator, é de suma importância o estudo da disponibilidade hídrica local, o planejamento de um manejo adequado do solo para que a produção agrícola proporcione maior controle da erosão, manutenção da produtividade da cultura, exercendo menor estresse hídrico no período de desenvolvimento das plantas e assegurando um desenvolvimento sustentável (PIRES; SOUZA, 2006).

2.4 Fixação biológica de nitrogênio

Entre os nutrientes essenciais e abundantes às plantas, o nitrogênio é o quarto com maior quantidade e de maior necessidade ao desenvolvimento dos vegetais (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O nitrogênio é um nutriente essencial a todos os organismos vivos, principalmente por ser constituinte dos aminoácidos, proteínas, ácidos nucléicos, bases nitrogenadas e clorofilados (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A atmosfera é o principal reservatório do nitrogênio da natureza, na qual se concentra aproximadamente 78% de todo elemento disponível em forma gasosa (N_2). No entanto, este elemento encontra-se indisponível a grande maioria dos organismos vivos, pois o nitrogênio atmosférico para ser utilizado pelas plantas e animais é necessário que seja reduzido para formas assimiláveis, como nitratos, proteínas e aminoácidos (CARDOSO; ANDREOTE, 2016, CARDOSO et al., 2018).

A FBN contribui com 50 a 65% do nitrogênio no solo, sendo uma das principais entradas deste nutriente. A Fixação biológica tem origem definida por arqueólogos como uma coevolução de espécies vegetais e bacterianas estimada em aproximadamente 60 milhões de anos, na qual ocorreu devido a necessidade de sobrevivência da leguminosa em diversos climas e tipos de solo (MASS, 2016, MARTIN; RIVERA, 2015, TAIZ et al., 2017).

Grande parte das leguminosas apresentam a capacidade realizar simbiose, estimando-se em torno de 16 a 19 mil espécies formadoras de nódulos com bactérias do grupo de rizóbios, classificadas como bactérias telúricas, destacando os grupos principais as de crescimento rápido e lento, conhecidos por *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, respectivamente (FIGUEIREDO et al., 2008).

Cardoso e Andreote (2016) ressaltam que a FBN pode ser classificada como uma coevolução de espécies trazendo benefícios as leguminosas e as bactérias do solo além de agentes defensivos, já que as bactérias telúricas produzem proteínas contra a mesma espécie, como bactericidas para competição por nutrientes no solo ou por sítios de infecção no pelo radicular, podendo ocasionar a ineficiência na inoculação desejada (VARGAS; HUNGRIA, 1997).

Em relação ao fator nodulação, a combinação favorável de fatores bióticos e abióticos presentes nos ecossistemas pode estimar o sucesso da inoculação, sendo primordial o conhecimento das características dos micro-organismos e a serem introduzidos, sua adaptabilidade e capacidade competitiva (FIGUEIREDO et al., 2008).

O uso de estirpes eficientes e competitivas gera uma economia média anual de nove bilhões de dólares no Brasil, substituindo a adubação por fertilizantes nitrogenados industriais (EMBRAPA CERRADOS, 2016).

Outra importância da FBN está relacionada à conservação do meio ambiente, já que é uma das tecnologias sustentáveis de modo a diminuir a emissão de Carbono no Brasil reduzindo o efeito estufa.

A implantação desta técnica na produção de alimentos visa atender ao Plano Nacional sobre Mudanças do Clima, na qual pretende reduzir a emissão de 10 milhões de toneladas de gás carbônico até 2020 com área produtiva de 5,5 milhões de hectares, de modo a atender as políticas públicas descrita na Política Nacional sobre Mudanças do Clima (PNMC) conforme o artigo 11º da Lei nº 12.187/2009, e instituiu o Plano Setorial para Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (ALMEIDA, 2017).

Fatores abióticos influenciam diretamente na FBN, destacando-se a temperatura elevada, a acidez do solo (Lie, 1981), o estresse hídrico e a toxidade de metais pesados (Matsuda et al., 2002) principalmente em regiões tropicais.

A restrição hídrica provoca diminuição no desenvolvimento de leguminosas, menor produtividade e acúmulo de nutrientes, além de reduzir drasticamente a eficiência do processo de inoculação pela diminuição da formação de nódulos e aumento da competividade entre bactérias e plantas para sobrevivência ao estresse hídrico (MATEUS et al., 2017, MASCAREINHAS et al., 2008, MARTIN et al., 2015).

Outro efeito da deficiência hídrica é o aumento da concentração de sais no solo, pois resulta na diminuição da sobrevivência das populações de rizóbio ou redução da sua taxa de crescimento, já que cada estirpe apresenta um nível de tolerância ao estresse osmótico por fatores genéticos (FIGUEIREDO et al., 2008).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O experimento foi conduzido na casa de vegetação da Universidade Federal de Mato Grosso, durante o período de abril a maio de 2018. Área fica localizada a altitude de 284 metros na cidade de Rondonópolis, sob as coordenadas geográficas 16°28”15’ latitude sul, 54° 38”08’ longitude oeste. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen é do tipo Aw, caracterizado como tropical com estiagem no período do inverno e verão chuvoso (DANTAS et al., 2007).

3.2 Variação da temperatura e umidade

Durante a condução do experimento a temperatura média foi de 30,12ºC e a umidade média foi de 51,33% (Figura 01).

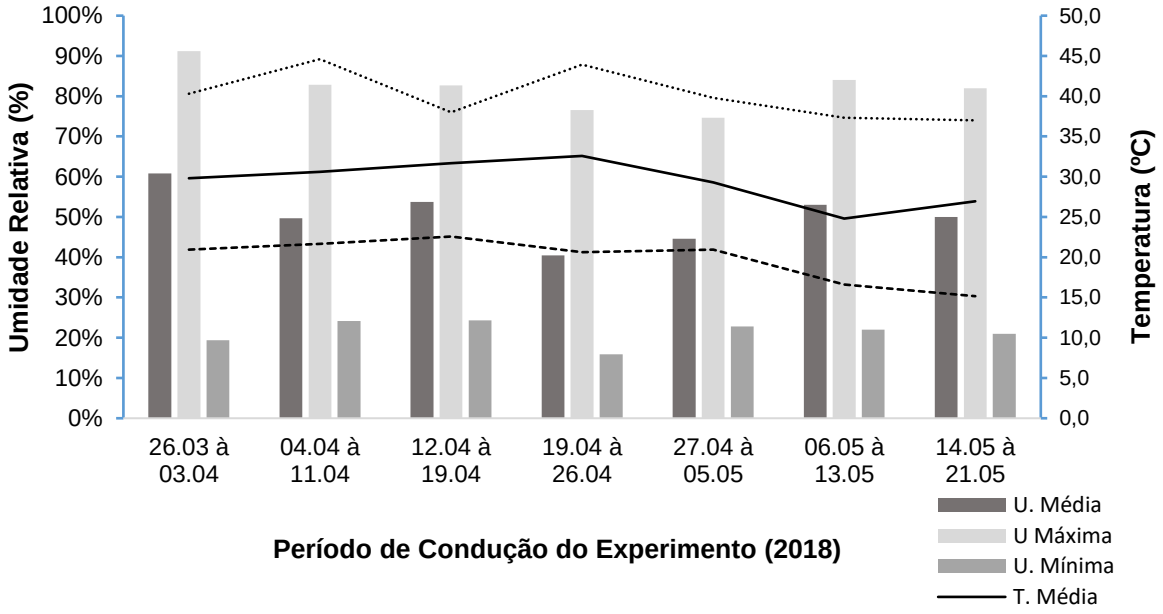

Figura 01: Temperatura e Umidade Relativa máximas, médias e mínimas durante o período de condução do experimento em Casa de Vegetação.

3.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, constituído por 15 tratamentos, em esquema fatorial 5x3, com cinco disponibilidades hídricas (20%, 40%, 60%, 80% e 100% da capacidade do vaso), duas estirpes de rizóbio: MT15 (*Rhizobium tropici*, obtida pelo isolamento de plantas iscas em casa de Vegetação, utilizando-se a cultura do feijão caupi), BR3267 (*Bradyrhizobium japonicum*, recomendada como inoculante para a cultura do feijão caupi segundo a RELARE e MAPA pela instrução normativa nº 13 de 24 de março de 2011) e ausência de inoculação, com quatro repetições, totalizando 60 unidades experimentais (Tabela 01).

Tabela 01: Croqui do experimento em casa de vegetação.

				PORTA	
Bloco 1	I1 100%	I0 20%	I2 100%	I2 40%	I1 40%
	I2 20%	I2 80%	I0 80%	I0 40%	I1 80%
	I0 100%	I1 20%	I0 60%	I2 60%	I1 60%
Bloco 2	I_1 40%	I_0 40%	I_2 20%	I_0 80%	I_1 20%
	I_0 20%	I_1 100%	I_2 100%	I_2 40%	I_2 80%
	I_1 60%	I_0 60%	I_2 60%	I_1 80%	I_0 100%
Bloco 3	I_1 100%	I_1 80%	I_2 100%	I_0 80%	I_0 60%
	I_2 20%	I_2 40%	I_0 100%	I_1 40%	I_2 80%
	I_1 20%	I_1 60%	I_2 20%	I_2 60%	I_1 100%
Bloco 4	I_2 80%	I_1 100%	I_1 60%	I_0 80%	I_0 20%
	I_1 40%	I_0 60%	I_2 20%	I_0 100%	I_2 100%
	I_2 60%	I_1 20%	I_1 80%	I_2 40%	I_0 40%

Legenda: Tipos de Inoculação: I_0, I_1 e I_2 (Testemunha, BR3267 e MT15 respectivamente).
Disponibilidades Hídricas: 20%, 40%, 60%, 80% e 100% da capacidade dos vasos.

3.4 Coleta e correção do solo

O solo utilizado no experimento foi coletado em área de Cerrado, na profundidade de 0,0 – 0,20 m, peneirado em malha de abertura de 2 mm para a caracterização química e granulométrica, na qual foi amostrado e analisado em laboratório (Tabela 02). O solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico com textura argilosa (EMBRAPA, 2013).

Tabela 02: Caracterização química e granulométrica na camada 0-20 cm do Latossolo Vermelho distrófico.

Camada (cm)	pH	P	K	Ca	Mg	H	Al	SB	CTC	V	M.O.	Areia	Silte	Argila
	($CaCl_2$)	(mg dm^{-3})		(Cmolc dm^{-3})						%	(g dm^{-3})	(g kg^{-1})		
0-20	4,2	0,6	23,4	0,45	0,25	4,7	0,68	0,76	6,13	12,40	25,6	407	136	457

O solo foi acondicionado em sacos plásticos, e posteriormente à análise química, realizou-se a calagem com a aplicação de calcário dolomítico para elevação da saturação por bases para 60%. Durante o período de incubação, a umidade foi mantida a 60% da capacidade dos vasos.

A adubação aplicada foi a fosfatada (250 mg dm^{-3} de P_2O_5) na qual foi utilizado como fonte o superfosfato simples, potássica (100 mg dm^{-3} K_2O) sendo utilizado o cloreto de potássio. Para a adubação com micronutrientes, utilizou-se FTE (20 mg dm^{-3}) composta por: Boro 1,8%; Cobre 0,8%; Ferro 3,0%, Manganês 2,0%; Molibdênio 0,1% e Zinco 9,0% (SOUZA; LOBATO, 2006).

A cultivar do feijão labe-labe utilizada foi a Rongai, adaptada ao cultivo em área de Cerrado, resistente ao estresse hídrico, com ciclo médio de 150 a 210 dias, apresentando teor médio de proteína de 20% (CARVALHO, AMABILE, 2006, NAEEM et al., 2009).

3.5 Disponibilidade hídrica, semeadura e inoculação

A determinação da capacidade máxima de retenção de água no solo contido no vaso foi feita em conformidade com a metodologia descrita por Bonfim-Silva et al. (2011). Inicialmente, os vasos foram preenchidos com terra fina seca ao ar, pesados e registrado o peso inicial. Em seguida, colocados em bandejas plásticas. Adicionou-se água nas bandejas até dois terços da altura dos vasos, de modo a ocasionar a saturação do solo por capilaridade durante 24 horas.

Em seguida os vasos foram transferidos para outra bandeja com suporte para a realização da drenagem, e logo após, os vasos novamente foram pesados e comparando a diferença entre o peso inicial e o peso final obteve-se a capacidade de retenção de água dos vasos (100%). As demais disponibilidades foram determinadas por proporção calculando-se 80%, 60%, 40% e 20%, mantidas diariamente por pesagem em balança digital.

A semeadura ocorreu manualmente, com 10 sementes por unidade experimental, que após a germinação foram desbastadas, permanecendo quatro plantas por vaso (Figura 02).

O inoculante foi preparado com bactérias cultivadas em meio de cultura 79, indicado para o crescimento de rizóbios segundo protocolo para preparo de meio de cultura na qual o meio de cultura foi incubado a 28°C sob agitação constante por 24h (CRUZ et al., 1998; BALDINI et al., 1999).

A inoculação foi realizada distribuindo-se alíquotas de 5 mL de caldo bacteriano contendo 10^9 células mL^{-1} próximo à área radicular de cada planta (Figura 03).

Figura 02: Inoculação do experimento em casa de vegetação aos 15 dias após a semeadura.

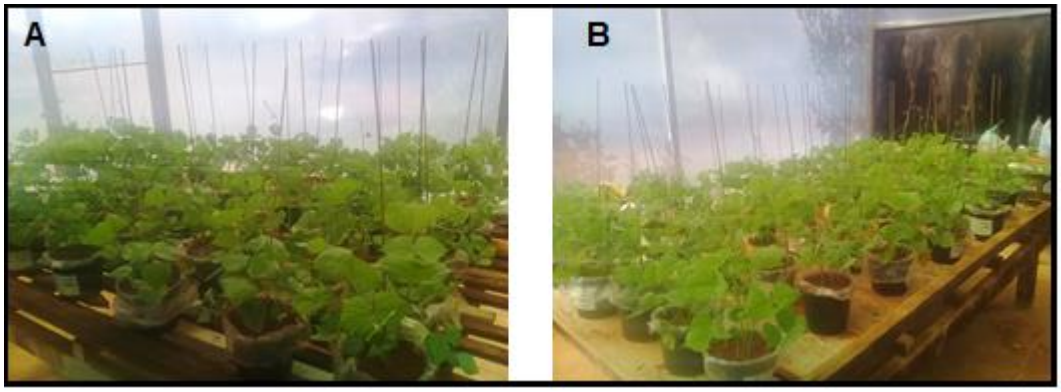

Figura 03: Distribuição das unidades experimentais em casa de vegetação aos 35 DAS.

3.6 Variáveis analisadas

3.6.1 Altura de Plantas

A altura de plantas foi avaliada aos 35 e 50 dias após a semeadura, com auxílio de uma régua de 50 cm, medindo-se da superfície do solo até o ápice da haste principal das plantas, adotando-se o valor da média de quatro plantas de cada parcela.

3.6.2 Índice de clorofila Falker

O índice de Clorofila Falker foi avaliado aos 35, 45 e 55 dias após a semeadura por meio de leituras instantâneas, executadas com o aparelho clorofilômetro portátil digital da marca Falker, modelo ClorofiLOG® Falker.

3.6.3 Massa seca da parte aérea, raízes e total

A massa seca da parte aérea, raízes e total foram determinadas aos 55 dias após a semeadura.

A coleta dos materiais foi realizada de modo manual, cujo corte da pare aérea realizou-se próximo ao colo da planta.

Os materiais foram identificados e acondicionados em sacos de papel. A secagem destas amostras foi realizada em estufa de circulação forçada, com temperatura média ajustada para 65ºC com duração de 48 ou 72h para obter massa constante.

A relação entre massa seca da parte aérea e raízes foi determinada através da divisão entre a massa da parte aérea pela massa das raízes.

A massa seca total padronizou-se como a soma das massas secas da parte aérea e de raízes, cuja pesagem foi realizada na balança analítica.

3.6.4 Número e massa seca de nódulos

O número de nódulos foi determinado aos 55 dias após a semeadura, a partir da coleta dos nódulos das raízes das plantas. Os nódulos foram retirados e contados manualmente em laboratório.

A massa seca dos nódulos foi obtida posteriormente à secagem, em estufa de circulação forçada com temperatura ajustada a 65°C até atingir massa constante, através de pesagem em balança analítica.

3.6.5 Diâmetro do caule

A avaliação do diâmetro do caule ocorreu aos 35 e 50 dias, com auxílio de um paquímetro digital.

3.6.6 Volume de raízes

A determinação do volume de raízes ocorreu aos 55 dias, com auxílio de uma proveta de 1000 mL, na qual adicionou-se 500 mL de água e em seguida imergiu-se as raízes das plantas, mediu-se a diferença volumétrica no aumento do volume após a inserção das raízes.

3.6.7 Concentração de nitrogênio na parte aérea, raízes, acúmulo de nitrogênio e proteína bruta

Para a concentração de nitrogênio na parte aérea e raízes, as amostras foram trituradas em moinho de facas (modelo SL-33 Solab) tipo Wiley de aço inox. O material foi acondicionado em sacos plásticos devidamente etiquetados, enumerados e reservados.

As análises de concentração de nitrogênio da parte aérea e das raízes foram realizadas de acordo com a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

A concentração de nitrogênio total foi determinada pela somatória da concentração de nitrogênio na parte aérea e raízes.

A proteína bruta total foi determinada pela multiplicação do teor de nitrogênio total pelo fator 6,25.

O acúmulo de nitrogênio foi estimado por meio da soma da concentração de nitrogênio na parte aérea e raízes, multiplicado pela soma da massa seca da parte aérea e raízes (MALAVOLTA et al., 1997, GALVANI et al., 2006).

3.6.8 O período de florescimento

A determinação do período de florescimento foi padronizada como o início da floração do feijoeiro.

3.6.9 Abscisão foliar

A abscisão foliar foi realizada semanalmente através da contagem manual das folhas abortadas pela planta partir do 29º dia após a semeadura, sendo expresso em número (MENDES et al., 2007).

3.7 Análise Estatística

A análise da normalidade dos dados foi precedida pelo teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade de variâncias pelo teste de Barlett a 1% de significância, com auxílio do software estatístico R (R-STUDIO TEAM, 2018).

Os dados quando não em conformidade foram transformados, em seguida, submetidos à análise de variância pelo teste F. Os dados qualitativos foram avaliados pelo teste Tukey a até 10% de probabilidade e quantitativos foram submetidos ao teste de regressão a até 5% de probabilidade com o auxílio do software estatístico Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis que apresentaram significância estatística foram a altura de plantas, diâmetro do caule aos 35 dias após a semeadura (DAS), número de folhas, índice de clorofila Falker, massa seca da parte aérea, volume de raízes, número de nódulos, massa seca dos nódulos, concentração de nitrogênio na parte aérea e raízes, acúmulo de nitrogênio, abscisão foliar e período de florescimento. As variáveis que não apresentaram diferença significativa foram diâmetro do caule aos 50 DAS, massa seca das raízes, relação entre massa seca da parte aérea e raízes, concentração de nitrogênio total e a proteína bruta (Anexo A).

4.1 Altura de plantas

A análise dos dados de altura de plantas mostrou efeito significativo isolado somente para disponibilidade hídrica aos 35 e 50 DAS, ajustando-se aos modelos quadrático e linear de regressão, respectivamente (Figuras 04 e 05).

Aos 35 DAS, a maior altura de plantas (26,22 cm) foi obtida aos 74% de disponibilidade hídrica, na qual proporcionou um incremento de 18,09% (5 cm) na altura de plantas. Relativo aos 50 dias após a semeadura, o aumento da disponibilidade hídrica proporcionou um incremento de 38,9% (13,6 cm) na altura de plantas.

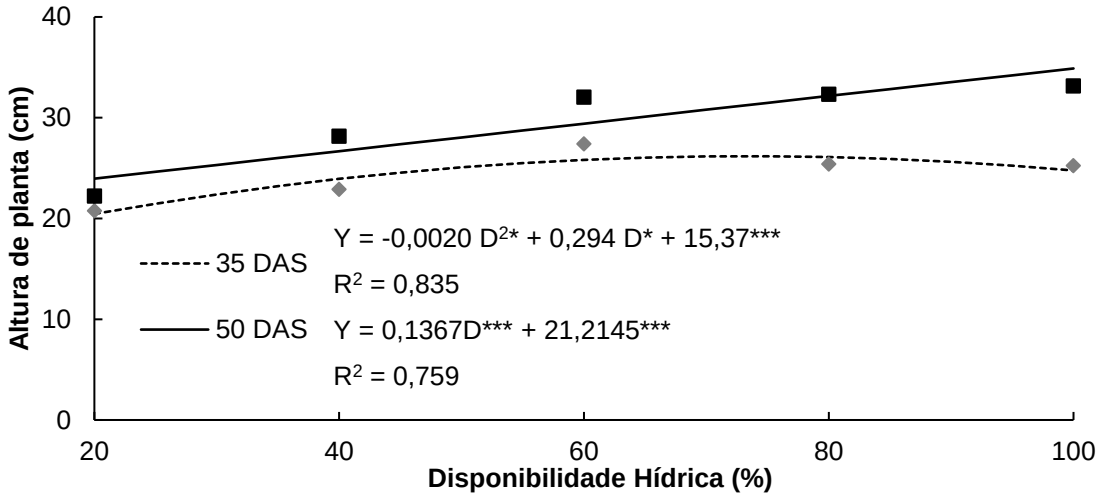

Figura 04: Altura de plantas do labe-labe aos 35 e 50 DAS inoculadas com rizóbio e submetidas a disponibilidades hídricas. D – Disponibilidade hídrica. ***, ** e * Significativo a 0,1%, 1% e 5% respectivamente.

Figura 05: Altura de plantas aos 55 dias após a semeadura.

A inoculação em leguminosas, como feijão caupi, azuki ou no feijoeiro comum, com estirpes de rizóbio pode proporcionar resistência aos fatores abióticos, como acidez no solo, estresse hídrico e altas concentrações de metais pesados, proporcionando um incremento na altura das plantas, favorecendo o maior rendimento na produção de matéria seca, maior atividade microbiana devido à associação simbiótica entre bactérias, nódulos e raízes, resultando no melhor desenvolvimento das plantas (SAHA; HAQUE, 2005, GUIMARÃES et al., 2016, GUARESCHI et al., 2011, BENSELAMA et al., 2013).

A altura de plantas sofreu influência somente em relação à variação da disponibilidade hídrica, na qual o estresse hídrico provocou a redução na altura de plantas, corroborando com pesquisas de Myrene e Davaraj (2011) que, avaliando os fatores de desenvolvimento e fisiológicos na produção de matéria seca e teor de retenção de água em plantas de labe-labe quando submetido ao déficit hídrico, observaram que a altura de plantas apresentou um decréscimo com a diminuição da disponibilidade hídrica durante o desenvolvimento e florescimento da cultura.

Pesquisas de Farias et al. (2014) corroboram com os dados obtidos aos 35 e 50 DAS, pois ao analisarem a inoculação de amendoim com estirpes de feijão caupi, a altura de plantas não apresentou diferença significativa entre os tipos de inoculação utilizados.

Em geral, as plantas quando submetidas ao estresse hídrico apresentam diversas mudanças anatômicas e fisiológicas, entre as quais, a diminuição do crescimento, a redução da área foliar, diminuição na formação e desenvolvimento de nódulos, o maior desenvolvimento do sistema radicular e a redução da biomassa, resultando na menor eficiência na absorção e da baixa disponibilidade de nitrogênio no solo (PETTER et al., 2013, JÚNIOR, 2013, BASTOS et al., 2011).

No decorrer deste trabalho, plantas submetidas as condições de estresse hídrico moderado e severo, mesmo inoculadas com estirpes de rizóbio, apresentaram comportamento semelhante, já que o déficit hídrico pode resultar na menor eficiência da inoculação das estirpes avaliadas durante o desenvolvimento da planta (GUIMARÃES et al., 2014, PIMENTEL; PERES, 2000, SAHA, HAQUE, 2005, SANTOS et al., 2014).

Os resultados observados aos 35 e 50 DAS neste trabalho corroboram as pesquisas de Sousa e Lima (2010), Simeão (2015) e Brito (2016) em estudos sobre irrigação do feijoeiro carioca, soja e amendoim, cujos autores observaram que a supressão da irrigação em determinados estádios de desenvolvimento das plantas, promoveu um decréscimo na altura, principalmente no período de florescimento.

As variações de disponibilidades hídricas do solo resultam no desenvolvimento limitado das culturas de interesse comercial, pois os períodos mais críticos de desenvolvimento da planta são entre o florescimento e a formação das vagens, tais estádios fenológicos são utilizados para estimar a produtividade agrícola, principalmente de biomassa quando destinadas à adubação verde (BENSELAMA et al., 2013, MACHADO et al., 2009, MARTINS et al., 2017).

4.2 Diâmetro de caule

A análise dos dados do diâmetro do caule mostrou efeito significativo para a disponibilidade hídrica aos 35 dias após a semeadura, ajustando-se ao modelo linear de regressão, na qual aos 100% de disponibilidade hídrica houve um incremento de 11,7% no diâmetro do caule (Figura 06).

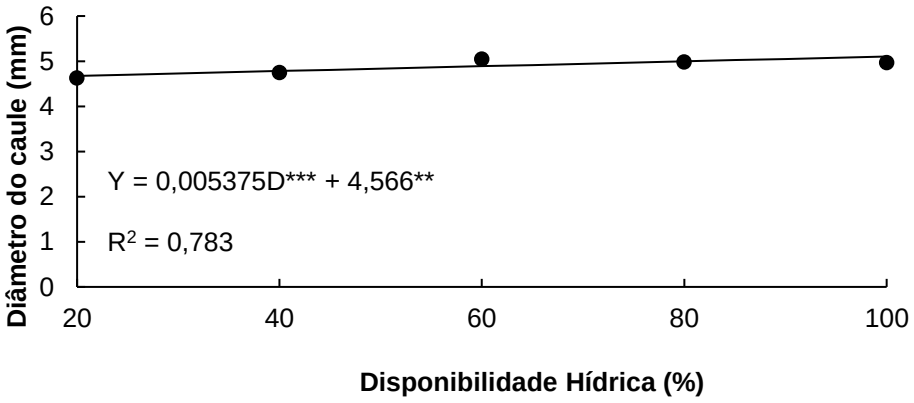

Figura 06: Diâmetro do caule do labe-labe aos 35 DAS inoculadas com rizóbio e submetidas a disponibilidades hídricas. D – Disponibilidade hídrica. *** e ** Significativo à 0,1 e 1% respectivamente.

Espécies vegetais utilizadas como adubos verdes submetidas ao estresse hídrico podem comprometer o crescimento das plantas, com a redução no diâmetro do caule (Petter et al., 2013), na qual a inoculação com estirpes de rizóbio pode proporcionar resistência a este fator abiótico, favorecendo a formação de nódulos nas raízes primárias de labe-labe, impulsionando o aumento no diâmetro do caule, resultando em maior absorção de água pelas plantas, e assim, aumentar a resistência em ambientes com maior escassez de água (BENSELAMA et al., 2014, SILVA et al. 2014).

Em estudos de Farias et al. (2014) avaliando a inoculação com estirpes nativas de feijão em amendoim apresentou dados semelhantes ao trabalho na qual a inoculação com estirpes de rizóbio não apresentou diferença significativa no diâmetro do caule do amendoim, quando não submetido ao estresse hídrico.

A inoculação com estirpes de rizóbio não promoveu acréscimos significativos no diâmetro do caule semelhante as pesquisas de Shossler et al. (2015) e Gonçalves (2013) no estudo da inoculação de *Rhizobium tropici* em variedades de feijão comum sob influencia da disponibilidade hídrica, na qual a inoculação não apresentou influencia no diâmetro do caule dessas plantas.

Neste trabalho, a redução gradativa da disponibilidade hídrica promoveu uma diminuição no diâmetro do caule das plantas. Este comportamento é decorrente de cada tratamento com escassez hídrica no solo, e em consequência deste, houve a promoção no crescimento da força de interação e retenção hídrica entre as partículas de água no solo, derivando no aumento do potencial hídrico da planta e dificultando a absorção de água pelas raízes (HUNGRIA; BOHRER, 2000).

O estresse hídrico é um dos fatores que influenciam nos processos fisiológicos das plantas, com efeito direto no crescimento, desenvolvimento e alteração do ciclo reprodutivo. Baixos níveis de água no solo podem proporcionar a diminuição do diâmetro do caule das plantas, dependendo de sua resistência a este fator (CARVALHO et al., 2013, TAIZ et al., 2017).

4.3 Número de folhas

A análise do número de folhas apresentou efeito significativo isolado para o fator inoculação e disponibilidade hídrica aos 35 DAS, ajustando-se ao modelo linear de regressão (Figura 07).

A estirpe MT15 apresentou maior número de folhas, não diferenciando estatisticamente da testemunha (Tabela 03).

Tabela 03: Número de folhas de labe-labe inoculado com rizóbio e cultivado sob disponibilidades hídricas aos 35 DAS.

Tratamentos	Nº de folhas
BR 3267	5,5 b
MT 15	6,5 a
Testemunha	5,9 ab
CV(%) = 20,29	

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na vertical não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de significância 0,05.

Aos 35 DAS, com a maior disponibilidade hídrica (100%) ocasionou o maior número de folhas (6,6) com incremento de 20,56% (1,7) comparando-se à menor disponibilidade hídrica (20%).

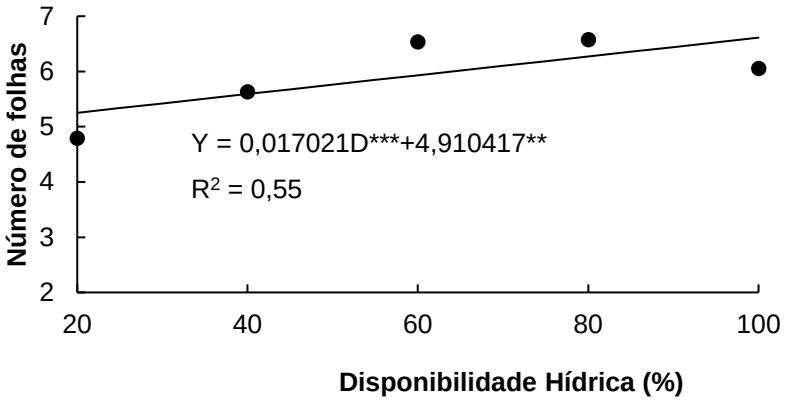

Figura 07: Número de folhas do labe-labe aos 35 dias DAS inoculadas com rizóbio e submetidas às disponibilidades hídricas. D – Disponibilidade hídrica. *** e ** Significativo a 0,1 e 1% respectivamente.

A inoculação proporcionou maior resistência nas plantas de labe-labe, resultando em maior número de folhas, independente da variação da disponibilidade hídrica.

A estirpe MT 15 apresentou maior afinidade com o feijão labe-labe comparando ao outro tratamento inoculado, possivelmente tal resultado seja justificado pela origem da estirpe, já que são bactérias isoladas de feijão caupi.

Em geral, a inoculação com estirpes de rizóbio pode proporcionar menores sintomas de estresses em leguminosas inoculadas, pois as plantas quando são submetidas ao estresse hídrico demonstram algumas respostas fisiológicas, entre as quais, o aumento da concentração da prolina e ácido abscísico na parte aérea, resultando no menor número de folhas.

Em estudos sobre o efeito da variação de disponibilidade hídrica no desenvolvimento do feijão caupi, soja e feijão comum, as variações da disponibilidade hídrica resultaram na redução de 15 a 35% do número de folhas comparadas com ao tratamento irrigado (CORREIA; NOGUEIRA, 2004, NASCIMENTO et al., 2014, VITAL et al., 2017, CARVALHO et al., 2014). Desse modo, a diminuição do teor de água no solo resulta na diminuição do conteúdo de água nas plantas, ocasionando o decréscimo do volume celular, diminuição da formação de novas folhas. Logo todas as atividades celulares dependentes do turgor celular são afetadas, principalmente a expansão foliar (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A quantidade de folhas é um dos principais indicativos de déficit hídrico em plantas, além de ser um parâmetro para escolha de plantas resistentes à baixa disponibilidade hídrica, sendo a quantidade de biomassa seca proporcional ao número e área foliar, podendo resultar em menor aproveitamento da energia luminosa e com isso, diminuir a superfície de absorção da radiação solar, maior acúmulo de aminoácidos e menor desenvolvimento fotossintético (NOGUEIRA et al., 2012, VERBRUGGEN; HERMANS, 2008).

4.4 Índice de clorofila Falker

A avaliação do índice de clorofila demonstrou efeito significativo somente para a disponibilidade hídrica aos 35 e 55 dias após a semeadura, ajustando-se aos modelos quadrático e linear de regressão, respectivamente (Figura 08).

Aos 35 DAS, o maior índice de clorofila Falker (42,5) foi obtido com 62% de disponibilidade hídrica, independentemente do tipo de inoculação. E aos 55 DAS, o maior índice de clorofila (35,88) ocorreu na disponibilidade hídrica de 100%, com incremento de 8,6% em relação a menor disponibilidade hídrica (Figura 09).

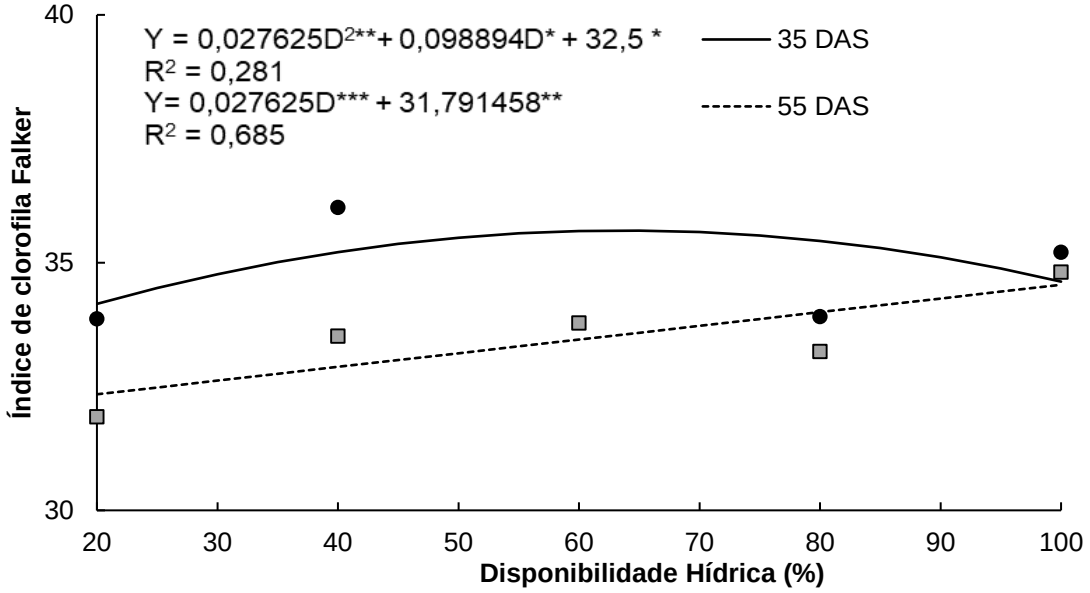

Figura 08: Índice de clorofila Falker em plantas de labe-labe aos 35 e 55 DAS inoculadas com rizóbio e submetidas a disponibilidades hídricas. D – Disponibilidade hídrica. *** e ** Significativo a 0,1 e 1% respectivamente.

A simbiose de leguminosas com bactérias diazotróficas eficientes pode proporcionar o aumento da concentração de nitrogênio na parte aérea, refletindo em maiores índices de clorofila (Figueiredo et al., 2008; Almeida, 2017). Entretanto, este fator não apresentou diferença significativa no trabalho, destacando-se somente a variação da disponibilidade hídrica.

O aumento da disponibilidade hídrica proporcionou um acréscimo gradativo no índice de clorofila no início do florescimento (55 DAS). Alguns estudos com leguminosas utilizadas como adubos verdes corroboram ao trabalho, sendo estas a leucena, o feijão-de-corda e o labe-labe, nos quais a variação da disponibilidade hídrica afetou o índice de clorofila e o desenvolvimento das plantas (GUIMARÃES et al., 2015; MCDONALD et al., 2011, DIDONET et al., 2010, MELO et al., 2018).

Em avaliações com plantas de amendoim, feijão de porco e *Crotalária juncea* L. avaliando o desenvolvimento e seu crescimento quando submetidas à inoculação e ao déficit hídrico apresentaram dados semelhantes ao trabalho realizado, na qual o

índice de clorofila resultou na diminuição média de 30 unidades comparado ao controle, no entanto os tratamentos inoculados não apresentaram diferença significativa no índice de clorofila entre os demais tratamentos, comparados ao controle (SANTOS et al. 2014, MASSON et al., 2015).

Em geral, a deficiência hídrica pode proporcionar uma elevação na síntese de substancias químicas reativas (EROS) nas plantas, tais substâncias podem prejudicar o metabolismo e desenvolvimento vegetal, induzindo a oxidação dos pigmentos fotossintéticos, resultando na degradação de moléculas de clorofila pela foto-oxidação destes pigmentos responsáveis pela fotossíntese, promovendo menor capacidade fotossintética e menores concentrações de nitrogênio nas folhas (CARLIN et al., 2012).

Contudo, o índice de clorofila Falker é uma alternativa viável e prática para avaliar em tempo real o estado nutricional das plantas, já que as alterações no teor de clorofila corroboram com modificações na concentração de nitrogênio da planta, tais fatores podem ser observados através da análise na intensidade do verde das folhas (GIL et al., 2002).

4.5 Massa seca da parte aérea

A avaliação da massa seca da parte aérea mostrou diferença significativa para a disponibilidade hídrica aos 55 dias após a semeadura, ajustando-se ao modelo linear na regressão (Figura 09). Com o aumento progressivo da disponibilidade hídrica (100%), houve acréscimo na massa seca da parte aérea para 22,46 g planta^{-1}, correspondendo a um incremento de 101% (11,22 g planta^{-1}) quando em comparação à menor disponibilidade hídrica.

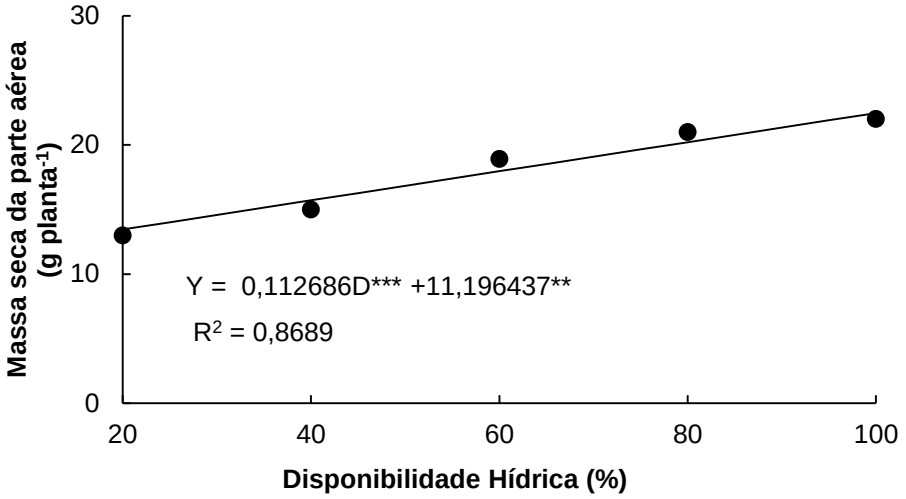

Figura 09: Massa seca da parte aérea do labe-labe aos 55 DAS inoculadas com rizóbio e submetidas a disponibilidade hídrica. D – Disponibilidade hídrica. *** e ** Significativo a 0,1 e 1% respectivamente.

A inoculação com estirpes de rizóbio pode proporcionar incremento na massa seca da parte aérea por aumentar a resistência aos fatores abióticos, principalmente ao estresse hídrico e osmótico (Benselama et al., 2014, Brito, 2016). No entanto neste trabalho não houve efeito significativo da inoculação na massa seca da parte aérea em plantas de labe-labe, assemelhando-se às pesquisas com labe-labe conduzidas por Chemening´wa et al (2007) com adubação verde em milho nos períodos de chuva e seca.

Além do número de folhas, a quantidade de massa seca na parte aérea também pode ser um indicador de produtividade de biomassa em leguminosas utilizadas como adubos verdes. Em situações de estresse hídrico, as plantas tendem a fechar os estômatos para manter o potencial hídrico na folha, reduzindo a assimilação de gás carbônico e de fotoassimilados, diminuindo os teores de massa seca, o crescimento e a produtividade da planta (OLIVEIRA et al., 2005, OLIVEIRA et al. 2012, FERNANDES et al., 2003).

Durante o desenvolvimento da planta, principalmente no período de pré-florescimento, se houver limitações na disponibilidade de água no solo, pode ocasionar alteração no desenvolvimento das estruturas vegetativas, reduzindo principalmente a produção de fitomassa pela cultura. (SANTOS; CARLESSO, 1998, LAWLOR; TEZARA, 2009).

Em estudos de Mateus et al. (2017) e Carvalho et al. (2013) concluíram que a utilização de labe-labe e mucuna preta apresentou acréscimos de matéria seca na

parte aérea em culturas diversas, como sorgo, amendoim e cana de açúcar, logo o labe-labe pode ser uma escolha a ser utilizada na adubação verde por apresentar bom desenvolvimento mesmo em condições de déficit hídrico e considerável resistência aos demais estresses abióticos.

Dados similares foram observados por McDonald et al. (2001) e Cedric (2014) sobre o efeito da adubação verde com labe-labe e outras leguminosas na produtividade do algodão e do milho na Austrália e na África do Sul. Em condições de estresse hídrico, o labe-labe destacou-se com a maior produção de matéria seca na parte aérea comparada as demais leguminosas avaliadas.

4.6 Volume de Raízes

A avaliação do volume de raízes mostrou diferença significativa isolada para o tipo de inoculação e as disponibilidades hídricas, ajustando-se ao modelo linear de regressão (Figura 10), com acréscimo de 34,05% (30,08 cm^3) na maior disponibilidade hídrica (100%).

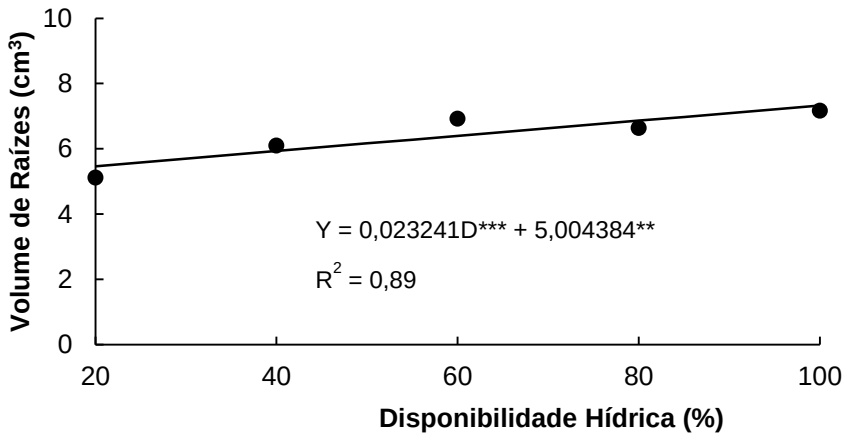

Figura 10: Volume de raízes do labe-labe inoculadas com rizóbio e submetidas às disponibilidades hídricas. D – Disponibilidade hídrica. *** e ** Significativo a 0,1, e 1% respectivamente.

A inoculação com estirpes de rizóbio de MT 15 apresentou maior volume de raízes, não diferindo estatisticamente da testemunha (Tabela 04).

Tabela 04: Volume de raízes de labe-labe inoculado com rizóbio e cultivado sob disponibilidades hídricas.

Tratamentos	Volume de raízes (cm^3)
BR 3267	5,87 b
MT 15	6,88 a
Testemunha	6,43 ab
CV(%) = 18,83*	

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na vertical não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de significância 0.05. * Transformação do Coeficiente de Variação em Y.

A inoculação com estirpes de rizóbio proporcionou um aumento no volume de raízes, uma vez que plantas em condições de estresses hídrico apresentam maior desenvolvimento das raízes, fundamental para a manutenção do turgor celular e do processo fotossintético (TAIZ et al., 2017).

A resistência aos fatores abióticos é específica a cada espécie vegetal, na qual grande parte das leguminosas apresentam comportamento diferenciado em condições de baixa disponibilidade hídrica com adaptações adquiridas por mudanças nas características morfofisiológicas e anatômicas. Exemplos destas são o feijão labe-labe e a soja, cujas pesquisas sobre déficit hídrico demonstraram redução da massa seca, do volume de raízes, e o aumento no comprimento das raízes (SOUSA et al., 2015, MYRENE; DAVARAJ, 2011, VITAL et al., 2017, GUIMARÃES et al., 1996)

Os dados deste trabalho corroboram com estudos de Alvarenga et al. (1995) sobre o crescimento e desenvolvimento de oito leguminosas utilizadas como adubos verdes de interesses comercial, sendo que o crescimento médio das raízes do labe-labe foi de 92 cm da raiz pivotante, diâmetro médio de 2,5 mm e volume médio de 42 cm^3 no perfil do solo, tais características são essenciais para escolha de culturas resistentes ao estresse hídrico.

A característica de tolerância à seca está diretamente relacionada ao comprimento e densidade da raiz (Arunyanark et al., 2009), sendo que o volume e comprimento das raízes de todos os tratamentos avaliados apresentaram crescimento conforme a redução do potencial hídrico no solo (JÚNIOR et al., 2013).

4.7 Massa seca total

A avaliação da massa seca total (Figura 11) demonstrou diferença significativa isolada para os tipos de inoculação e a disponibilidade hídrica, ajustando-se ao modelo linear de regressão.

A estirpe MT 15 apresentou maior massa seca total não diferindo estatisticamente da testemunha (Tabela 05).

Tabela 05: Massa seca total do labe-labe inoculado com rizóbio e cultivado sob disponibilidades hídricas.

Tratamentos	Massa seca total (g planta^{-1})
BR 3267	19,55 b
MT 15	24,32 a
Testemunha	22,32 ab
CV(%) = 29,2*	

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na vertical não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de significância 0.05. * Transformação do Coeficiente de Variação em Y.

O aumento da disponibilidade hídrica em 100% proporcionou um acréscimo de 12,82% (27,33 g planta^{-1}) na massa seca total em todos os tratamentos avaliados.

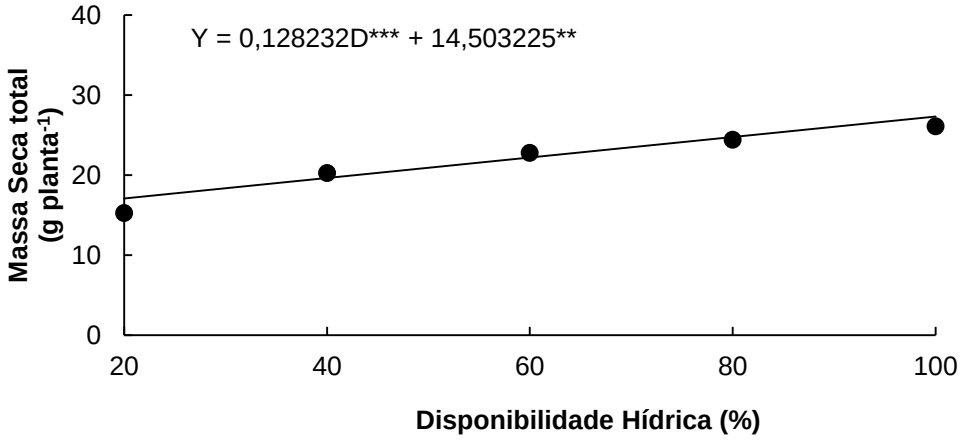

Figura 11: Massa seca total do labe-labe inoculadas com rizóbio e submetido a disponibilidades hídricas. D – Disponibilidade hídrica. *** e ** Significativo à 0,1 e 1% respectivamente.

Investigações de Teodoro et al. (2011) com leguminosas destinadas a adubação verde, em condições ideais de umidade e na ausência de inoculação, o labe-labe apresentou o segundo maior teor de matéria seca total, sendo que o destaque principal foi da *Crotalária juncea*, tais dados complementares ao presente

trabalho ressaltam a importância da utilização desta cultura em práticas conservacionistas do solo.

A redução da disponibilidade hídrica nas plantas causa diminuição na produção de fotoassimilados, redução no potencial hídrico foliar, diminuição da transpiração e da atividade enzimática no Ciclo de Calvin, menor taxa fotossintética, resultando na menor produção de matéria seca (MATSUE; SING, 2003, MENINE et al., 2016).

Estudos sobre o efeito da inoculação em leguminosas, comparadas a outras fontes de nitrogênio em cinco disponibilidades hídricas na região de Cerrado apresentaram dados semelhantes ao trabalho realizado. Plantas inoculadas com estirpes de *Bradyrhizobium* apresentaram eficiência equivalente à adubação nitrogenada, sem estresse hídrico. No entanto em condições de estresse hídrico, houve menor produtividade de biomassa (11%) e a inoculação com estirpes de rizóbio promoveu resistência aos fatores abióticos avaliados (BAZOTTO, 2015).

4.8 Nodulação

4.8.1 Número de nódulos

O número de nódulos apresentou efeito significativo isolado para inoculação e disponibilidade hídrica, ajustando-se ao modelo quadrático de regressão (Figura 12). A estirpe MT 15 apresentou maior número de nódulos, diferenciando estatisticamente dos demais tratamentos (Tabela 06).

Tabela 06: Número de nódulos de labe-labe inoculado com rizóbio e cultivado sob disponibilidades hídricas.

Tratamentos	Nº de nódulos
BR 3267	106 b
MT 15	145 a
Testemunha	126 b
CV(%) = 26,08	

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na vertical não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de significância 0.10.

Em todos os tratamentos avaliados, a disponibilidade hídrica de 81,85% proporcionou um acréscimo de 320% no número de nódulos.

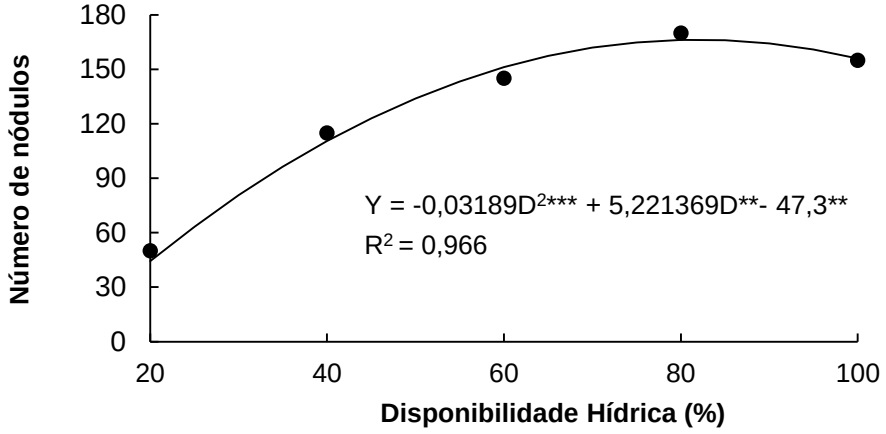

Figura 12: Número de nódulos do labe-labe em função da inoculação com rizóbio e submetido às disponibilidades hídricas. D – Disponibilidade hídrica. *** e ** Significância a 0,1 e 1% respectivamente.

Figura 13: Número de nódulos de labe-labe avaliados aos 55 DAS na estirpe BR3267 e disponibilidade hídrica de 80% da capacidade de campo, a esquerda em destaque a quantidade de nódulos, a direita a distribuição de nódulo no perfil do solo.

Entre as estirpes avaliadas, a inoculação com estirpes de *R. tropici* proporcionou maior desenvolvimento para as plantas de labe-labe e maior número de nódulos comparando aos demais tratamentos.

Júnior et al. (2010) em estudos sobre a inoculação com estirpes de rizóbio em três cultivares de feijão-caupi no Cerrado do Sul de Tocantins demonstraram que a inoculação com estirpes de rizóbio proporcionou aumento significativo no número de nódulos. E Pimentel e Peres (2010) avaliando parâmetros relativos ao estresse hídrico em variedades de feijão inoculadas e submetidas a dois regimes hídricos, obtiveram verificaram que o estresse hídrico moderado (40% CC) proporcionou uma redução média de 55% no número de nódulos formados comparando-se a testemunha (100%CC).

4.8.2 Massa seca de nódulos

A avaliação da massa seca dos nódulos mostrou efeito significativo isolado para a disponibilidade hídrica, ajustando-se ao modelo linear de regressão (Figura 14). O aumento da disponibilidade hídrica proporcionou um acréscimo de 313,9% (1,0374 g planta^{-1}) na massa seca de nódulos em todos os tratamentos avaliados.

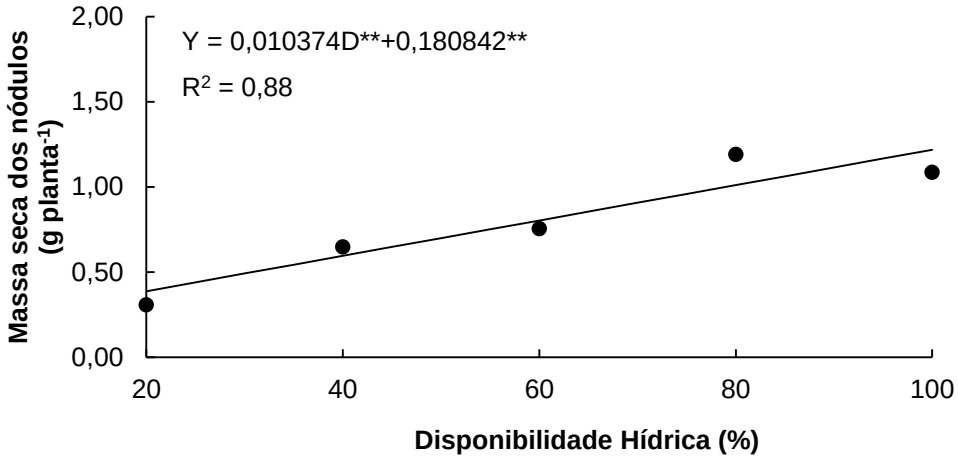

Figura 14: Massa seca dos nódulos do labe-labe inoculadas com rizóbio e submetidas às disponibilidades hídricas. D – Disponibilidade hídrica. ** Significativo a 1%.

A inoculação de rizóbios pode proporcionar em incremento no número e na biomassa dos nódulos, como em pesquisas de Chemining´wa et al. (2007) e Benselama et al. (2014) com efeito da inoculação com estirpe de rizóbio em labe-labe na Argélia e no Quênia. Entretanto, neste trabalho, a inoculação não apresentou efeito significativo na massa seca de nódulos, semelhante aos estudos de Ferreira et al. (2009) e Guimarães et al. (2016) com a inoculação de feijão-caupi, cujos tratamentos inoculados apresentaram massa seca de nódulos semelhantes a testemunha nitrogenada.

A massa seca de nódulos é uma das variáveis de grande importância para avaliar a eficiência da nodulação, devido a melhor correlação com o desempenho simbiótico (FONSECA, 2011, JÚNIOR et al., 2010). Já que a eficiência simbiótica de bactérias fixadoras de nitrogênio pode variar com hospedeiros específicos e tal relação influencia diretamente na produtividade de biomassa vegetal além de consolidar a resistência destas estirpes aos fatores edafoclimáticos a qual foram avaliados (HUNGRIA; BOHRER, 2000).

A maior massa seca de nódulos, mesmo em condições de estresse hídrico, pode ser ocasionada pela eficiência simbiótica entre leguminosa e bactéria, favorecendo o acúmulo de nitrogênio nas plantas (CARVALHO, AMABILE, 2006).

Leguminosas resistentes ao estresse hídrico podem apresentar atenuação no peso seco dos nódulos com média de 30 a 45% (PIMENTEL; PERES, 2010). Já neste trabalho, a maior redução no peso dos nódulos ocorreram aos 60 e 80% de disponibilidades hídricas. Resultados análogos a este trabalho foram obtidos por Cerezini et al. (2017) na qual a restrição hídrica de 30% de capacidade de campo reduziram o número e a massa seca de nódulos em 26% e 21% respectivamente em genótipos de soja.

4.9 Concentração de nitrogênio nas raízes

A concentração de nitrogênio nas raízes apresentou diferença significativa isolada para o fator inoculação. A estirpe MT 15 proporcionou maior concentração de nitrogênio nas raízes, não diferenciando estatisticamente da testemunha (Tabela 07).

Tabela 07: Concentração de nitrogênio em raízes de labe-labe inoculado com rizóbio e cultivado sob disponibilidades hídricas.

Tratamentos	Concentração de nitrogênio (g planta^{-1})
BR 3267	22,6 b
MT 15	28,5 a
Testemunha	27,1 ab
CV(%) = 11,73*	

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na vertical não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de significância 0.10. * Transformação do Coeficiente de Variação em Y.

Os dados obtidos neste trabalho corroboram com pesquisas de Benselama et al. (2014) avaliando a concentração de nitrogênio nas raízes, cujo o potencial de fixação de nitrogênio em estudos sobre inoculação com estirpes de *B. japonicum* em labe-labe apresentaram acréscimo de 92% na concentração de nitrogênio nas raízes e biomassa, comparando-se a testemunha.

Neste trabalho, as plantas de labe-labe obtiveram concentrações de nitrogênio semelhantes nas raízes quando em diversas condições hídricas, assemelhando a pesquisas de Cedric (2014) com estudos sobre a utilização de

resíduos de leguminosas utilizadas como adubos verdes na produção de milho em pequenas áreas na África do Sul em dois períodos do ano, na qual a inoculação promoveu menores perdas de biomassa e acréscimos na concentração de nitrogênio total das plantas (inverno – seco, chuvoso – verão).

Resultados semelhantes foram observados por Júnior et al. (2014) ao investigarem os efeitos da dupla inoculação com rizóbio e *Tricodema* no feijão caupi, no qual tratamento inoculado somente com rizóbio representou maior teor de nitrogênio na parte aérea no período de florescimento, diferindo da testemunha.

A utilização de leguminosas como fontes de adubo verde é uma forma importante de incrementar o nitrogênio e outros nutrientes no solo, através da absorção e liberação gradativa dos nutrientes pela sincronia entre as bactérias e as plantas pela fixação biológica de nitrogênio (GUIMARÃES et al., 2014).

Resultados obtidos neste trabalho assemelham-se as pesquisas realizadas com labe-labe e outras leguminosas sob variação hídrica utilizadas como adubos verdes no solo do Cerrado, na qual a variação da disponibilidade hídrica não proporcionou perdas significativas nos teores de nitrogênio nas plantas em plena floração (CARVALHO et al., 2014, TEODORO et al., 2011).

4.10 Concentração de nitrogênio na parte aérea

A avaliação da concentração de nitrogênio na parte aérea apresentou diferença significativa isolada para os tipos de inoculação (Tabela 08).

A disponibilidade hídrica de 80% proporcionou à estirpe BR3267 maior concentração de nitrogênio, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos.

Tabela 08: Concentração de nitrogênio na parte aérea do labe-labe inoculado com rizóbio e cultivado sob disponibilidades hídricas.

Tratamentos	Concentração de nitrogênio (g planta-1)
BR 3267	25,7 a

MT 15	19,2 b
Testemunha	16,5 b
CV(%) = 23,42	

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na vertical não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de significância 0,05.

A inoculação de labe-labe com a estirpe BR3267 proporcionou um incremento na concentração de nitrogênio 32,3%, comparando-se aos demais tratamentos. Este trabalho apresentou dados semelhantes às pesquisas com inoculação *Bradyrhizobium japonicum* em labe-labe de Benselama et al. (2014), na qual plantas inoculadas com BR3267 apresentaram até 20 vezes maiores concentrações comparada aos demais tratamentos inoculados.

Os resultados deste trabalho concordam com estudos de Sousa et al. (2016) e Carvalho et al. (2014) com adubos verdes observando leguminosas (feijão labe-labe, feijão comum e feijão de porco) quando submetidas ao estresse hídrico, na qual em condições de déficit hídrico comparando-se as condições ideais, não houve diferença na concentração de nitrogênio na parte aérea e raízes entre as leguminosas avaliadas, o teor de nitrogênio não apresentou reduções significativas.

Guimarães et al. (2015) nos estudos da inoculação de feijão de corda em diferentes disponibilidades, na qual esperava-se que a concentração de nitrogênio represente um comportamento inverso ao incremento da disponibilidade hídrica, entretanto este trabalho apresentou incremento da concentração de nitrogênio crescente diretamente proporcional ao aumento da disponibilidade hídrica

A concentração de nitrogênio na parte aérea e a relação com disponibilidade hídrica torna-se um fator primordial para estimar-se a taxa de decomposição das folhas e talos residuais das plantas utilizadas como adubo verde. Já que altas concentrações de nitrogênio na parte aérea dificultam a decomposição rápida da matéria orgânica, relacionada à relação C:N comparando-se as demais parte da planta, nas quais leguminosas como labe-labe e o feijão de corda apresentam um tempo reduzido na decomposição comparados a outras espécies de adubos verdes como as gramíneas (BORGES et al., 2012, FIGUEIREDO et al., 2008).

4.11 Acúmulo de nitrogênio

Em relação ao acúmulo de nitrogênio, houve efeito significativo isolado para a disponibilidade hídrica, ajustando-se ao modelo linear (Figura 15). O aumento gradual da disponibilidade hídrica promoveu incremento de 54,89% (0,17 g planta^{-1}).

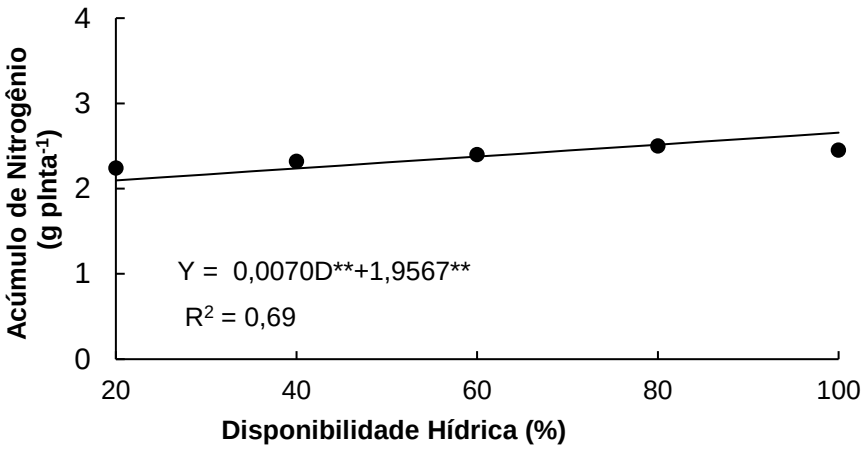

Figura 15: Acúmulo de nitrogênio do labe-labe em função da inoculação com rizóbio e submetido às disponibilidades hídricas. D – Disponibilidade hídrica. *** Significativo à 0,1%.

Este trabalho corroboram as pesquisas de Benselama et al. (2014) e McDonald et al. (2001) com estudos no efeito da inoculação em adubos verdes na África e Austrália. Em geral, o labe-labe apresentou incrementos na disponibilidade de nitrogênio em cultura de algodão mesmo em condições de déficit hídrico durante seu período de desenvolvimento.

Resultados obtidos nesta pesquisa assemelharam aos estudos utilizando labe-labe, mucuna-preta e feijão de porco como adubos verdes realizados por Cardoso et al. (2018) e Cedric (2014) , nos quais os maiores acúmulos de nitrogênio foram obtidos durante a abertura dos primeiros botões florais aos 120 dias, cujo desenvolvimento ocorreu 60 dias em períodos chuvosos e 60 dias em períodos de seca, as leguminosas comportaram-se de maneira semelhante, proporcionando maior acréscimo de nitrogênio na cultura do cafeeiro e no milho.

O estresse hídrico severo pode proporcionar nas plantas, aumento do ácido abscísico, da prolina, e da nitrato redutase, enzima responsável pelo fluxo transpiratório vegetal, na qual cessação do estresse diminui a atividade desta enzima principalmente favorecendo o aumento do fluxo de nitrato entre raízes e folhas e o fluxo respiratório, induzindo a produção de aminoácidos na parte aérea das raízes (BARZOTTO et al., 2016, VERBRUGGEN; HERMANS, 2008, CHAGAS JÚNIOR et al., 2010).

De modo geral, a redução do acúmulo de nitrogênio foi conduzida pelo incremento da disponibilidade hídrica, na qual resultou no acréscimo de massa seca da parte aérea e raízes. Neste trabalho, os dados assemelharam-se aos atingidos por Tagliaferre et al. (2013) na qual o déficit de água proporcionou redução no acúmulo de nitrogênio nas fases vegetativas e de reprodução do feijão inoculado com estirpes de rizóbio.

Esta pesquisa apresentou dados semelhantes as investigações de Teodoro et al. (2011) ao avaliar a eficiência do uso do labe-labe como adubo verde no acúmulo de nitrogênio comparando-se a outras leguminosas, na qual o labe-labe e o feijão de corda representaram o maior acúmulo de nitrogênio na parte aérea, diferindo dos demais tratamentos avaliados, mesmo em ambiente de estresse hídrico, demonstrando a resistência e adaptabilidade do cultivar a este fator abiótico.

4.12 Abscisão foliar

A avaliação da abscisão foliar não apresentou diferença significativa entre os tratamentos aos 35 e 41 DAS avaliados.

Aos 29 e 48 DAS, a avaliação mostrou diferença significativa com interação entre o tipo de inoculação e a disponibilidade hídrica. Já aos 55 DAS houve diferença significativa isolada para o fator inoculação. .

O comportamento do tipo de inoculação aos 29 DAS ajustou-se na regressão para os modelos quadrático e linear referindo-se as estirpes MT15 e BR3267 respectivamente (Figura 16).

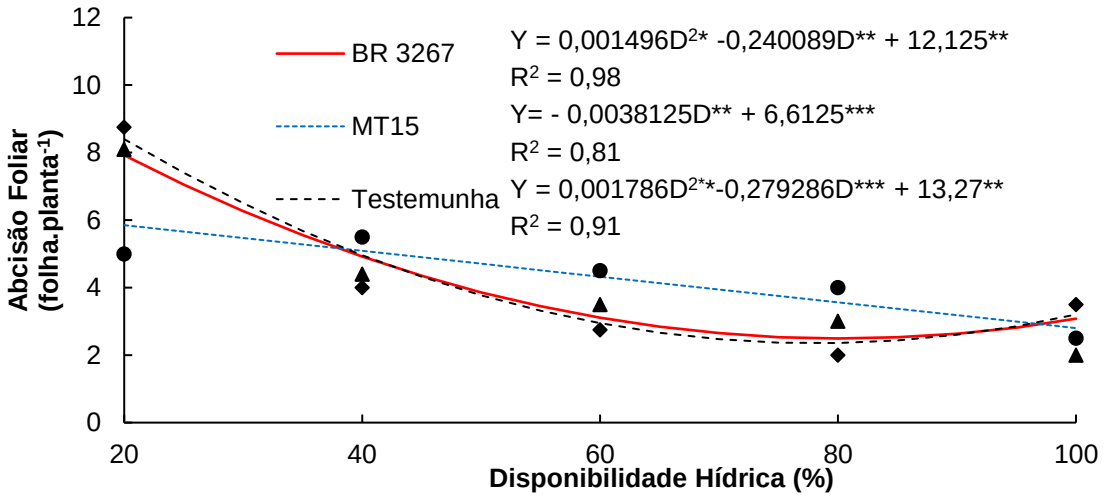

Figura 16: Abscisão foliar do labe-labe aos 29 DAS em função da inoculação com rizóbio e sob diferentes disponibilidades hídricas. D – Disponibilidade hídrica. ***, ** e * Significância a 0,1%, 1% e 5% respectivamente,

Aos 29 DAS, A menor abscisão foliar (2,25 folhas planta^{-1}) ocorreu na disponibilidade hídrica de 77,7% para a testemunha, cujo acréscimo da disponibilidade hídrica proporcionou redução no número de folhas cerca de 11,3% (4,23 folhas planta^{-1}) para o tratamento não inoculado.

A menor perda de folhas para a estirpe BR 3267 foi observada na disponibilidade hídrica de 62,17% e a inoculação com estirpe MT15 apresentou um decréscimo de 19,4% (4,66 g folha planta^{-1}) de abscisão foliar aos 66,9% de disponibilidade hídrica (Figura 17).

Já aos 48 DAS, a avaliação da abscisão foliar apresentou diferença significativa com interação entre o tipo de inoculação e as disponibilidades hídricas, cujo modelo de regressão ajustou-se ao modelo quadrático para as estirpes MT 15 e BR 3267, e ao modelo linear para a testemunha (Figura 17).

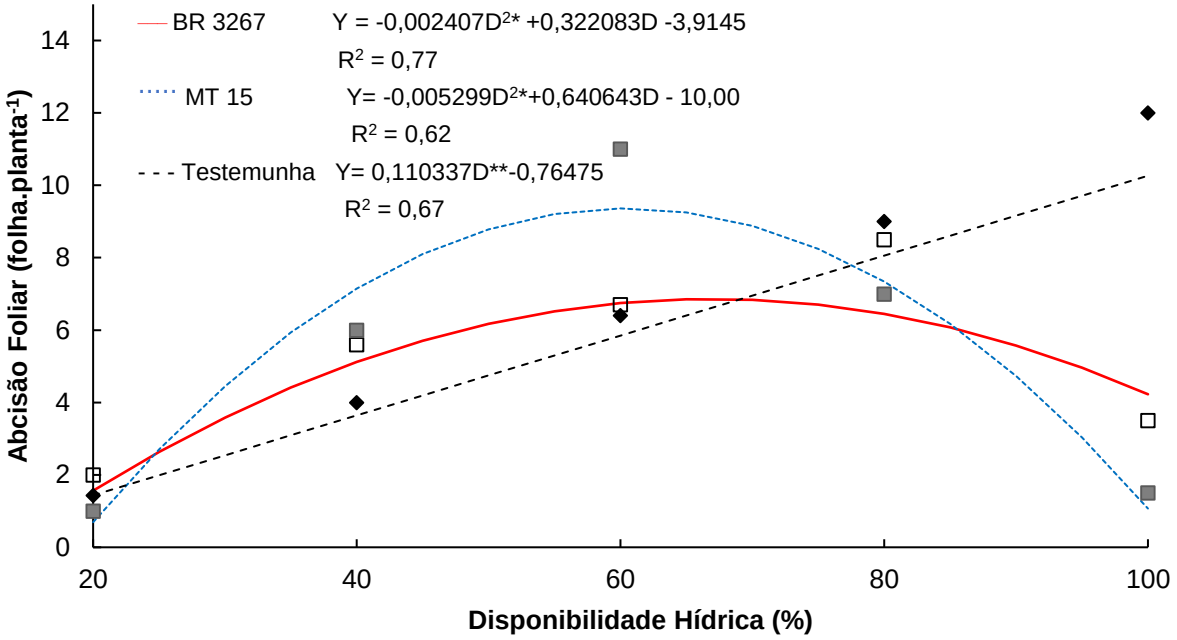

Figura 18: Abscisão foliar do labe-labe aos 48 DAS inoculadas com rizóbio e sob diferentes disponibilidades hídricas. D – Disponibilidade hídrica. * Significativo à 5%.

Aos 48 DAS, com a inoculação da estirpe BR 3267, obteve-se a maior abscisão foliar (17,5) na disponibilidade hídrica de 66,9%, representando um aumento de 320% na perda de folhas (Figura 18).

Aos 55 DAS, o tratamento com estirpe BR 3267 apresentou maior abscisão foliar (Tabela 09) não diferenciando estatisticamente da testemunha.

Tabela 09: Abscisão foliar em plantas de labe-labe inoculado com rizóbio e cultivado sob disponibilidades hídricas aos 55 DAS.

Tratamentos	Abscisão foliar (folha planta^{-1})
BR 3267	8,2 a
MT 15	3,2 b
Testemunha	5,6 ab
CV (%) = 20*	

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na vertical não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de significância 0.05. *Transformação do Coeficiente de Variação em Y.

No decorrer deste trabalho, durante os primeiros estágios de desenvolvimento das plantas, observou-se que a inoculação com a estirpe MT15 promoveu uma menor queda no número de folhas, assemelhando-se as pesquisas de Silva et al. (2014) nas quais a inoculação com MT15 proporcionou menores índices de senescência foliar do feijoeiro e aumento no número de folhas por planta, resultando em menores perdas de folhas durante o desenvolvimento mesmo em condições desfavoráveis abióticas, com déficit hídrico, confirmando o benefício da simbiose entre rizóbios e leguminosas

Durante o desenvolvimento das plantas, a maior produtividade de matéria seca ocorre com maior retenção de biomassa foliar e menores perdas de folhas, essencial em leguminosas utilizadas como adubos verdes ou plantas de cobertura, proporcionando o maior aporte de nutrientes no solo para as culturas de interesse agrícola (ESPINDOLA et al., 1998, FRANCO; SOUTO, 1984).

4.13 Período de florescimento

A avaliação do período de florescimento apresentou interação significativa entre a disponibilidade hídrica e o tipo de inoculação (Figura 19).

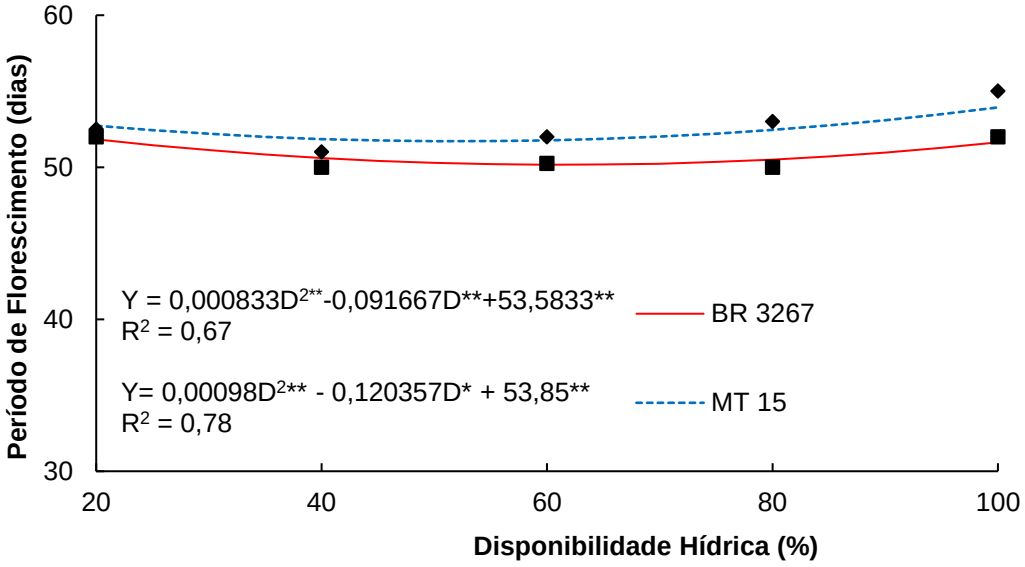

Figura 18: Período de florescimento do labe-labe inoculadas com rizóbio e submetidas as disponibilidades hídricas. ** e * Significativo à 1% e 5% respectivamente.

O menor período de florescimento de plantas foi promovido pela estirpe BR 3267 na qual ocorreu aos 51 DAS, cuja inoculação representou uma redução em 8% nos dias de florescimento comparando-se à testemunha na disponibilidade hídrica de 55% (Figura 18).

A estirpe MT 15 apresentou uma redução de 7% (50 dias) nos dias de florescimento na disponibilidade hídrica de 62% (Figura 19), não apresentando diferença significativa no período de florescimento em relação à testemunha.

A disponibilidade hídrica influencia diretamente no período do florescimento das plantas, cujo déficit hídrico pode antecipar o florescimento e comprometer o crescimento vegetativo, resultando no início do processo reprodutivo (MASSON et al., 2015, TAIZ et al., 2017).

Segundo estudos de Sponchiado et al. (1989), Santos e Carlesso (1998), as plantas submetidas em estresse hídrico tendem a se desenvolver raízes nas camadas mais profundas do solo em busca de água, além de reduzir o ciclo reprodutivo, ambas mudanças fisiológicas podem ser consideradas defesas da planta contra a seca.

A redução do período do florescimento em leguminosas pode ser considerado um mecanismo de resistência à seca, no sentido de buscar melhores condições de sobrevivência e superar o déficit hídrico apresentado, consequentemente poderá ocorrerá redução considerável no número de folhas e flores, principalmente em condições de estresse severo (LEITE et al., 2000).

5. CONCLUSÃO

A inoculação do feijão labe-labe com estirpes de rizóbio proporcionou efeito positivo, melhorando o desenvolvimento das plantas quando submetidas à disponibilidade hídrica.

A inoculação com estirpe MT15 destacou-se com maiores índices de massa seca total, número de nódulos, número de folhas, volume de raízes, concentração de nitrogênio em raízes e parte aérea, e apresentou menores índices de abscisão foliar durante o desenvolvimento da cultura.

A disponibilidade hídrica que melhor favoreceu o crescimento e desenvolvimento do feijão labe-labe foi de 55%.

6. REFERÊNCIAS

ABDEL-WAHAB, A. M.; SHABEBB, M. S. A.; YOUNISB, A. M. Studies on the effect of salinity, drought stress and soil type on nodule activities of *Lablab purpureus* (L.) sweet (Kashrangeeg), **Journal of Arid Environments**, v. 51, ISSUE 4, p. 587-602, August, 2002.

Agência Nacional de Águas - ANA, Demanda e disponibilidade de recursos hídricos no Brasil, Distrito Federal- DF, 2005. Disponível em <www.ana.gov.br>, acesso em 10 de novembro de 2018.

ALMEIDA, M. S. C. de. **Amendoim inoculado com estirpes de Rizóbio em Latossolo Mato-Grossense**, Rondonópolis, 2017, 73f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Mato Grosso.

AMORIM, M. M.; DEMINICIS, B. B.; VEIRA, H. D.; AMORIM, I. M.; FREITAS, G. S.; FILHO, C. C. G.; MONTEIRO, K. D. Avaliação da qualidade de sementes de Labe labe, **PUBVET**, Londrina, v. 06, n. 08, ed 196, art. 1307. 2012.

ARUNYANARK, A.; JOGLOY, S.; AKKASAENG, C.; VORASOOT, N.; NAGESWARA RAO, R. C.; WRIGHT, G. C.; PATANOTHAI, A. Association between aflatoxin

contamination and drought tolerance traits in peanut. **Field Crops Research**, Weigang, v. 114, n. 1, p. 14-22, 2009.

BALDANI, V. L. D.; ANDRADE, V.O.; NEVES, M.C.P.; BARBOSA, A. L., PEIXOTO, R. C.; OLIVEIRA, E.C.R. Manual de soluções e reagentes da Embrapa Agrobiologia. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, mar. 1999. P. 16 (Embrapa CNPAB, Documentos, nº 86)

BAHIA. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI). **Aspectos sócios-econômicos e sociais do Nordeste Brasileiro**, 2014.

BARBOSA, J. Z.; CONSALTER, R.; MOTTA, A. C. V. Fixação biológica de nitrogênio em poaceae. **Evidência**, v. 12, n. 1, p. 7-18, 2012.

BARZOTTO, F.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; TORRES, R. R.; KIRCHNER, J. H.; ROSSO, R. B.; GIRARDI, L.B.; MEZZOMO, W. Efeito da irrigação e da adubação nitrogenada nos parâmetros de desenvolvimento e nos componentes de produção da cultura da soja, **Revista Espacios**, ISSN 07981015, v. 37, n. 21, 2016.

BASTOS, E. A.; NASCIMENTO, S. P.; SILVA, E. M.; FILHO, F. F. R.; GOMES, R. L. Identification of cowpea genotypes for drought tolerance, Revista Ciência Agronômica, v. 42, p. 100-107, 2011.

BENSELAMA, A.; TALLAH, S.; OUNANE, S. M., BEKKI, A. Effects of inoculation by bradyrhizobium japonicum strains on nodulation, nitrogen fixation, and yield of lablab purpureus in Algeria, Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences Special Issue, v 2(2), p. 1870-1876, January, 2014.

BENSELAMA; A.; ABED, N.; BOUKHATEME, F.; OUNAME, S. M.; BEKKI, A. Diversity of Rhizobia Associated With Lablab purpureus Isolated from Algeria by PCR Amplification of the 16S rDNA PCR / RFLP, **Journal of Crop Breeding and Genetics**, v. 4(2): p. 26-32, 2018.

BENSELAMA; A.; ABED, N.; BOUKHATEME, F.; OUNAME, S. M.; BEKKI, A. Diversity of rhizobia nodulating *Lablab purpureus* and the effect of the acidity, aluminum and ferric deficit on their symbiosis, International Journal of Advanced Biotechnology and Research, ISSN 0976-2612, Online ISSN 2278–599X, v. 4, Issue 4, p. 586-598, 2013.

BEZERRA, S. A.; CANTALICE, J. R. B. Influência da cobertura do solo nas perdas de água e desagregação do solo em entre sulcos**. Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 3, p. 18-28, 2009.

BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A.; CABRAL, C. E. A.; KROTH, B. E.; REZENDE, D. Desenvolvimento inicial de gramíneas submetidas ao estresse hídrico, **Revista Caatinga**, Mossoró: RN, 2011.

BORGES, P. R. S.; SABOYA, R. C. C.; SABOYA, L. M. F.; SANTOS, E. R.; SOUZA, S. E. A. Distribuição de Massa Seca e Rendimento de Feijão-Caupi inoculados com Rizóbio em Gurupi-GO. **Revista Caatinga,** Mossoró, v. 25, n. 1, p. 37-44, jan-mar, 2012.

BRITO, S. L. **Parâmetros fisiológicos e agronômicos de genótipos de amendoim inoculados com *Bradyrhizobium* sob déficit hídrico**, Trabalho de conclusão de curso, Curso de Biologia, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2016.

BURKART, A. **Las Leguminosas argentinas silvestres y cultivadas.** Buenos Aires: ACME, 1952, 569p. In: CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F.; **Cerrado: adubação verde,** Planaltina, DP: Embrapa Cerrados, 2006, 369 p.

CALEGARI, A. **Leguminosas para adubação verde no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1995. 118 p. (IAPAR, Circular, 80)

CAMERON, A. G. Lablab, **Northern Territory Government**, n. 34, October, 2013.

CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do Solo**, 2ª edição, Piracicaba: ESALQ, 2016.

CARDOSO, R. G. S.; PEDROSA, A. W.; RODRIGUES, M. C.; SANTOS, R. H. S.; CECON, P. R.; MARTINES, H. E. P. Decomposition and nitrogen mineralizatioin from green manures intercropped with coffe tree, **Coffee Science,** v. 13, n. 1, p. 23 - 32, Lavras: MG, jan./mar, 2018.

CARLIN, S. D.; RHEIN, A. F. de L; SANTOS, D. M. M. dos. Efeito simultâneo da deficiência hídrica e do alumínio tóxico no solo na cultivar IAC91-5155 de cana-de-açúcar**. Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 2, p. 553-564, 2012.

CARVALHO, A. M. de. **Adubação verde e qualidade do solo no Cerrado**, art. 69, documento 875513, Embrapa Cerrados, 2010.

CARVALHO, A. M. de; COSER, T. R; REIN, T. A.; DANTAS, R. A.; SILVA, R. R.; SOUZA, K. W. Manejo de plantas de cobertura na floração e na maturação fisiológica e seu efeito na produtividade do milho, Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 50, n. 07, p. 551-561, julho, 2015.

CARVALHO, A. M. de; SODRÉ FILHO, J.; **Uso de adubos verdes como cobertura do solo**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 2000. 20 p.

CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F.; **Cerrado: adubação verde,** Planaltina, DP: Embrapa Cerrados, 2006, 369 p.

CARVALHO, A.M de.; BURLE, M. L.; PEREIRA, J.; SILVA, M. A. da. **Manejo de adubos verdes no cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa- CPAC, 1999. 28p. (Embrapa-CPAC, Circular Técnica, 4).

CARVALHO, H. P.; CARVALHO, G.J.; ABBADE NETO, D.O.; TEIXEIRA, L.G.V. Desempenho agronômico de plantas de cobertura usadas na proteção do solo no período de pousio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, p. 157-166, 2013.

CARVALHO, J. J.; SAAD, J. C. C.; BASTOS, A. V. S.; NAVES, S. S.; SOARES, F. A. L.; VIDAL, V. M. Teor e acúmulo de nutrientes em grãos de feijão comum em semeadura direta, sob déficit hídrico, **Revista Irriga**, Botucatu, edição especial 01, p. 104-107, 2014.

CAVALCANTE, V.S.; SANTOS V.; NETO A. L. S.; SANTOS, M. A.; SANTOS, C. G.; COSTA, L. Biomassa e extração de nutrientes por planta de cobertura**, Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n. 05, p. 521-528, 2012.

CEDRIC, K. Use of green manure legumecover crops in smallholder maize production systems in Limpopo province, South Africa, **African Journal of Soil Science**, v. 2(3), p. 063-067, September, 2014.

CEREZINI, P.; FAGOTTI, D. S.; PÍPOLO, A. E.; HUNGRIA, M.; NOGUEIRAS, M. A.; Water restriction and physiological traits in soybean genotypes contrasting for nitrogen fixation drougth tolerance, **Scientia Agricola**, v. 74, n. 2, p. 110-117, March/April, 2017.

CHAGAS JUNIOR, A. F.; RAHMEIER, W.; FIDELIS, R. R.; SANTOS, G, R.; CHAGAS, L. F. B. Eficiência agronômica de estirpes de rizóbio inoculadas em feijão-caupi no Cerrado, Gurupi-TO. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 4, p. 709-714, out-dez, 2010.

CHEMENING´WA, G. N.; MUTHOMI, J. W.; THEURI, S. W.M. Effect of Rhizobia Inoculation and Starter-N on Nodulation, Shoot Biomass and Yield of Grain Legumes, **Asian Journal of Plant Sciences**, v. 06, p. 1113-1118, 2007.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A.; Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo, **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, nº 27, 2003.

CORREIA, K. G.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Avaliação do crescimento do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido a déficit hídrico, Revista de biologia e ciências da terra, ISSN 1519-5228, v. 4, n. 2, 2º Semestre, 2004.

CORREIA, M. C.; CONSOLINI, F.; CENTURION, J. F.; Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho Distrófico sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.), **Acta Scientiarum**, Maringá: PR, v. 23, n. 5, p. 1159-1163, 2001.

CRUZ, L. M.; SOUZA, E. M.; WEBER, O. B.; BALDANI, J. I.; DOBEREINER, J.; ANDRADE, V. de O.; BALDANI, V. L. D. Protocolos para preparo de meios de cultura da Embrapa Agrobiologia. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1999. 38 p. (Embrapa CNPAB. Documentos, 110). (Embrapa-CNPAB. Documentos, 110).

DIDONET, A. D. Importância do período de prefloração na produtividade do feijoeiro, **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 30, p. 505-512, 2010.

DUKE, J. A. Handbook of legumes of world economic importance. New York: **Plenum Press**, 1981. 345p. Disponível em <https://www.feedipedia.org/node/18801>. Acesso em 03 de Março de 2018.

EIRAS, P. P.; COELHO, F. C.; Utilização de leguminosas na adubação verde para a cultura do milho, **Inter Cience Placer**, ano 04, n. 17, Abril-Junho, 2011.

EMBRAPA CERRADOS, Tecnologia: **Fixação biológica de nitrogênio (FBN),** Desenvolvimento Agro sustentável, 2016.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212 p.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 2013. 353 p.

ESPINDOLA, J. A. A.; ALMEIDA, D. L. de; GUERRA, J. G. M.; SILVA, E. M. R.da; SOUZA, F. A. de. Influência da adubação verde na colonização micorrízica e na produção da batata-doce. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília: DF, v. 33, p. 339-347, 1998.

FERNANDES, M. F.; FERNANDES, R. P. M.; HUNGRIA, M. Seleção de rizóbios nativos para guandu, caupi e feijão de porco nos tabuleiros costeiros de Sergipe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 7, 2003.

FERRARI, E.; PAZ, A.; CARVALHO, A. C. da; Déficit hídrico no metabolismo da soja em semeaduras antecipadas no Mato Grosso, **Nativao trabalho Agrária e Ambientais**, Sinop: MT, v. 03 n. 01, p. 67-77, jan/mar, 2015.

FERREIRA, A. C. **Fisiologia e morfologia de plantas de feijão sob deficiência hídrica**, 2017, 63f.Dissertação (Mestrado em Ciências). Programa de Pós-Graduação em Fitoterapia, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

FERREIRA, A. N.; ARF, O.; CARVALHO, M. A. C. de; ARAÚJO, R. S.; SÁ, M. E. de; BUZETTI, S.; Estirpes de *Rhizobium tropici* na inoculação do feijoeiro. **Scientia Agricola**, v.57, n. 03, p. 507-512, 2000.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. In: **Revista symposium**. 2011. p. 36-41.

FERREIRA, P. A. A.; SILVA, M. A. P., CASSETARI, A.; RUFINI, M.; MOREIRA, F. M. S.; ANDRADE, J. B. de. Inoculação com cepas de rizóbio na cultura do feijoeiro, **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 07, p. 2210-2212, outubro, 2009.

FIGUEIREDO, M. V. B., BURITY, H. A., STAMFORD, N. P., SANTOS, C. E R. S., **Microrganismos e Agrobiodiversidade: o novo desafio para a agricultura**, Agrolivros, 2008.

FIGUEIREDO, M. V. B.; BURITY, H.A.; MARTINEZ, C. R.; CHANWAY, C. P.; Drought stress response on some key enzymes of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) nodule metabolismo, **World J. Microbiol. Biotechnol**, v. 23, p. 187-193, 2007.

FIOREZE, S. L.; PIVETTA, L. G.; FANO, A.; MACHADO, F. B. Comportamento de genótipos de soja submetidos a déficit hídrico intenso em casa de vegetação, **Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 03, p. 342-349, mai/jun, 2011.

FRANCO, A. A.; SOUTO, S. M.; **Contribuição da fixação biológica de N_2 na adubação verde**. In; Adubação Verde no Brasil, Fundação Cargil, Campinas, p. 199-215, 1984.

GALVANI, F., GAERTNER, E.; **Adequação da Metodologia Kjeldahl para determinação de Nitrogênio Total e Proteína Bruta,** Circular Técnico 63, ISSN 1517-1965, EMBRAPA, Maio, Corumbá: MS, 2006.

GIL, P. T; FONTES P.C. R; CECON P. R; FERREIRA F. A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade de batata. **Horticultura Brasileira** 20: 611-615. 2002.

GUARESCHI, R., F.; PERIN A.; GAZOLLA, R.; R.; ROCHA A., C.; Nodulação e crescimento vegetativo de feijão azuki (vigna angularis) submetido a inoculação e adubação nitrogenada. **GI. Sci Technol**,. V04, n. 03, p. 75-82, set/dez. 2011.

GUIMARÃES, S. L.; CARDINAL, M. S.; BONFIM-SILVA, E. M.; POLIZEL, A. C.; Desenvolvimento do feijão caupi cv. BRS Novaera inoculado com rizóbio recomendado para feijão guandu, **Revista Científica**, Jaboticabal, v.43, n. 02, p. 149-155, 2015.

GUIMARÃES, S. L., BONFIM-SILVA, E.M., MOREIRA, J.C. F., BOSA, C.K., DA SILVA, S.L. S. and da SILVA, T. J.A. Effects of Inoculation of Rhizobium on Nodulation and Nitrogen Accumulation in Cowpea Subjected to Water Availabilities. **American Journal of Plant Sciences**, v. 06, p. 1378-1384, 2015.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; PELOSO, M. J. D.; OLIVEIRA, J. P. Genótipos de feijoeiro comum sob deficiência hídrica, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 07, p. 649-656, 2011.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L.F.; BRUNINI, O. Adaptação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à seca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 07, p. 481-488, 1996.

GUIMARÃES, S. L.; NEVES, L. C. R. das.; BONFIM-SILVA, E. M.; CAMPOS, D. T. S.; Development of pigeon pea inoculated with *rhizobium* isolated from cowpea trap host plants, **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 4, p. 789 – 795, out. – dez., 2016

HUNGRIA, M.; BOHRER, T. R. J. Variability of nodulation and dinitrogen fization capacity among soybean cultiars. **Biology and Fertility of Soils**, v.31, p.45-52, 2000.

HUNGRIA, M.; CAMPO, E. J.; MENDES, I.C. A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro, Circular Técnico 92, ISSN 1817-1865, Documentos 283, Embrapa Soja, Junho, 2007.

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

JÚNIOR, A. F. C.; OLIVEIRA, A. G. de; SANTOS, G. R. dos.; REIS, A. F. B.; CHAGAS, L. F. B. Promoção de crescimento em feijão-caupi inoculado com rizóbio e *Tricoderma spp* no Cerrado, **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 3, p. 190 – 199, jul.– set., 2014.

JÚNIOR, P. I. F., REIS, V. M. **Algumas limitações à fixação biológica de nitrogênio em leguminosas**, Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2008.

JÚNIOR, U. R.; MACHADO, R. A. F.; OLIBONE, D. CASTOLDI, G.; RAMOS, B. M.; Crescimento de plantas de cobertura sob déficit hídrico, **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 47-56, jan.-fev, 2013.

KERBAUY, G. B.; **Fisiologia Vegetal:** Editora Guanabara Koogan S.A. Rio de Janeiro, 2004.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: ed. Rima Artes e Textos, p. 531, 2000.

LAWLOR, D.W.; TEZARA, W. Causes of decreased photosynthetic rate and metabolic capacity in water-deficient leaf cells: a critical evaluation of mechanisms and integration of processes. **Annals of Botany**, v. 103, p. 561-579, 2009.

LEITE, M. L.; RODRIGUES, J. D.; VIRGEN FILHO; J. S. Efeitos do déficit hídrico sobre a cultura do caupi, cv. EMAPA-821. III - Produção. **Revista de Agricultura**, v.75, n. 1, p. 9-20, 2000.

LIE, T. A. Environmental physiology of the legume–Rhizobium symbiosis. In: BROUGHTON, W. J. (Ed.). **Nitrogen Fixation**. Oxford: Clarendon Press, 1981. p. 104-134.

MACHADO, R. S.; RIBEIRO, R. V.; MARCHIORI, P. E. R.; MACHADO, D. F. S. P.; MACHADO, E. C.; LANDELL, M. G. A. Respostas biométricas e fisiológicas ao déficit hídrico em cana-de-açúcar em diferentes fases fenológicas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 44, n. 12, p. 1575-1582, dez. 2009.

MAIA, A. J.; PEREIRA, P. S.; ROCHA, D. G. da.; TÁVORA, F. J. F.; BARROS, L. M. Efeito do estresse hídrico no crescimento de plantas de feijão de corda, **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 09, n. 10, p. 876, 2013.

MALAVOLTA, E., VITTI, G. C., OLIVEIRA, S. A.; **Avaliação do estado Nutricional das plantas: princípios e aplicações**, 2ª edição, Associação Brasileira parao trabalho da Potassa e do Fosfato, 1997.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L; F.; **Irrigação: princípios e métodos**, 3ª edição, Editora UFV: Viçosa: MG, 2009.

MARTIN, G. M.; RIVERA, R.; Influciencia de la inoculación micorríza en los adubos verdes. Efeitos sobre o cultivo principal. Estudo de caso: El maiz, **Cultivos Tropicales**, p. 34-50, v. 36, 2015.

MARTIN, J.H.; LEONARD, W.H. **Principles of field crop producition**. New York: Macmillian, 1949 p. 154-155.

MARTINS, C. A. S.; REIS, E. F.; TOMAS, M. A.; GARCIA, G. O. Crescimento e produção do feijoeiro comum cultivado sob déficit hídrico, Water Resources and Irrigation Management, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA, Instituto Federal Baiano, Salvador, BA, v. 6, n. 1, p. 95-106, Jan.-Apr., 2017.

MASCARENHAS, H. A. A.; WUTKE, E. B.; TANAKA, R. T.; CALINI-GARCIA, L. A.; BOLONHEZI, D.; Leguminosas adubos verdes em áreas de renovação de canavial no estado de São Paulo. **Expansão e renovação de canavial**. 1.ed. Ribeirão Preto: Informações Agronômicas, n. 124, p. 14-18, Dezembro, 2008.

MASS, B. L. Hyacinth bean: A gem among legumes State of the art in Lablab purpureus research, The journal of the International Legume Society, ISSN 2340 - 1559 (electronic issue), Issue 13. July, 2016.

MASSON, G. L.; SANTANA, D. R. S.; BARBOSA, R. H.; COLMAN, B. A.; SCALON S. P. Q. Restrição Hídrica no crescimento de plantas jovens de Crotalária júncea L. (Fabacea) em casa de vegetação, **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 11, n. 21, p. 1693 ,2015.

MATEUS, G. P.; ARAÚJO, H. S.; MULLER, R. V.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGES, W. L. B. Produção e massa seca de culturas em rotação em diferentes manejos de solo em áreas de reforma de carnaval no oeste paulista, **Núcleos**, Araçatuba, 14 de julho, edição especial, 2017.

MATSUI, T.; SINGH, B. B. Roots characteristics in cowpea related to drought tolerance at the seedling stage. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v. 39, n. 1, p. 29-38, 2003.

MCDONALD, L. M.; WHIGTH, P. MACLEOD, D. A. Nitrogen fixation by lablab (Lablab purpureus) and lucerne (Medicago sativa) rotation crops in an irrigated cotton farming system, **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 41, p.219-225, ISSN 0816-1089, 2001.

MELO, A. S.; SILVA, A. R. F.; DUTRA, A. F.; DUTRA, W. F.; SÁ, F. V. S.; ROCHA, M. M. Crescimento e pigmentos cloroplastídicos de genótipos de feijão Vigna sob déficit hídrico, **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 3, p. 2579 - 2591, 2018.

MENDES, R. S.; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; Relações fonte-dreno em feijão-de-corda submetido a deficiência hídrica**. Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 01, p. 95-103, 2007.

MENINE, F.; SILVA, D. M. N.; MENDES, T. P.; BARREIROS, R. B.; OLIVEIRA, F. L. Eficiência agronômica de rizóbios em feijão de porco para fins de adubação verde, **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 13, n. 23, p. 540, 2016.

MINASRI, B.; AOUANI, M. E.; MHAM DI, R. Nodulation and growth of common bean (Phaseolus vulgaris) under water deficiency. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 39, p. 1744-1750, 2007.

MOREIRA, F. M. S., SIQUEIRA, J. O., **Microbiologia e Bioquímica do Solo**, 2ª edição, editora UFLA, 2006.

MURPHY, A. M.; COLUCCI, P. E**.; A tropical forage solution to poor quality ruminant diets: A review of Lablab purpureus**, University of Guelph, Canada, Escuela Nacional de Agricultura, Honduras, Livertock Research for Rural Development, 1999.

NAEEM, M.; MASROOR, M.; KHAN, A.; MORRIS, J. B. Attributes, Nitrogen-Fixation, Enzyme Activities and Nutraceuticals ofHyacinth Bean (Lahlobpurpureus L.): A Bio-Functional Medicinal Legume, American Journal of Plant Physiology, v. 4 (2): p. 58-69, ISSN 1557-4539, 2009

NASCIMENTO, J. T.; PEDROSA, M. B.; TAVARES SOBRINHO, J. Efeito da variação de níveis de água disponível no solo sobre o crescimento e produção de feijão caupi, vagens e grãos verdes, **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 02, p. 174-177, abril-junho 2004.

NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I. F.**; Avaliação quantitativa e qualitativa da fitomassa de leguminosas para uso como cobertura de solo**, Ciência Rural, Santa Maria, v. 34, n. 03, p. 947-949, mai-jun, 2014.

NOGUEIRA, A. P. O.; SEDIYAMA, T.; SOUSA, B.; HAMAAKI, O. T.; CRUZ, C. D.; PEREIRA, D. G.; MATSUO, E. Análise de trilha e correlações entre caracteres em soja cultivada em duas épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 6, p. 877-888, 2012.

NOGUEIRA, A. R. A.; SOUZA, G. B. **Manual de Laboratórios: Solo, Água, Nutrição Vegetal, Nutrição Animal e Alimentos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, p. 313, 2005.

ODHIAMBO, J. J. O. Decomposition and nitrogen release by green manure legume residues in different soil types, **African Journal of Agricultural**, v. 05(1), ISSN 1991-637X, p. 090-096, January, 2010.

OLIVEIRA, A. P. S.; SOUSA, C. M.; FERREIRA, E. P. D. B.; Desempenho do feijoeiro-comum inoculado em respostas a diferentes plantas de cobertura e época de dessecação, **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 3, p. 642-652, jul-set, 2017.

OLIVEIRA, S. R. M.; JUNIOR, A. S. D. A. RIBEIRO, V. Q.; MORAIS, E. L. D. C.; Desempenho produtivo do algodão em monocultivo e consorciado com feijão-caupi em resposta à disponibilidade hídrica no solo, **Camunicata Scientiae**, v. 04, 2012.

PADOVAN, M. P.; Desempenho de adubos verdes e cultivo mínimo da mandioca submetida a manejo ecológico em um Latossolo Vermelho distroférrico em Dourados, Mato Grosso do Sul. **Cadernos de Agroecologia**, [S.l.], v. 8, n. 2, dec, 2013.

PADOVAN, M.P.; SILVA, R. F. da. **Adubação verde: Opções de outono/inverso e primavera/verão de espécies perenes**, Tecnologia para agricultura familiar, p. 27-32, 2007.

PEREIRA, J.; LOBATO, E. Efeito de adubo verde, restos culturais em associação de cultivos em um Latossolo Vermelho-Amarelo (LVE) de Cerrados. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisas Agropecuária do Cerrado 1985/1987**, Planaltina, DF, p. 109-110, 1991.

PEREIRA, N. S., SOARES, I.; MIRANDA, F. R.; Decomposition and nutrient release of leguminous green manure species in the Jaguaribe-Apodi region, Ceará, Brazil, **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 06, p. 970-975, jun, 2016.

PETTER, M F. A.; PACHECO, L. P.; ZUFFO, A. M.; PIAUILINO, A. C.; XAVIER, Z. F.; SANTOS, J. M.; MIRANDA, J. M. S. Desempenho de plantas de cobertura submetidas à déficit hídrico, **Revista Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 06, suplemento 01, p. 3307-3320, 2013.

PIMENTEL, C.; PEREZ, A. J. de L. C.; Estabelecimento de parâmetros para avaliação de tolerância à seca, em genótipos de feijoeiro, **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v. 35, n. 1, p. 31-39, jan. 2000.

PIRES, F. R.; SOUZA C. M.; **Práticas Mecânicas de conservação do solo e da água**, 2ª edição, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa: MG, 2006.

R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/.

RAGOSO, C. R.; LEONEL, S.; CROCCI, A. J.; Adubação verde em pomar cítrico, **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jabuticabal, v. 28, n. 01, p. 69-72, Abril, 2006.

RIGO, N. **Come-se:** Mangalô, orelha de padre, feijão labe-labe, feijão de pedra, 2017.

SAHA, A. K. HAQUE, F. Effect of inoculation with rhizobium on nodulation and growth of bean in Dolichos lablab, J. Life Earth Science, v. 1(1), p.71-74, January, 2005.

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, R. F.; CALESSO, R. Déficit hídrico e processos morfológicos e fisiológicos das plantas, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 02, n. 03, p.287-294, Campina Grande: PB, 1998.

SILVA, L. R. da.; BELINI, C. M.; CARAMELO, A. D.; JUNIOR, R. F.G.; MOREIRA, W. M. Q. Eficiência da associação simbiótica de *bradyrhizobium* para o crescimento da crotalária (*crotalária júncea*), **Revista Fafibe On-Line**, Bebedouro, v. 7, n.01, p. 61-74, 2014.

SILVA, N. L. da.; GUIMARÃES, S. L.; BONFIM-SILVA, E. M., CANUTO, E. L.; HÉBANO, H. F. S.; Effect of compaction of soil on the development and production of cowpea inoculated with rhizobium, **African Journal of Microbiology Research,** Vol. 10(47), p. 2007-2014, December, 2016.

SILVA, S. B. E.; SILVA, M. S. L. da.; FERREIRA, G. G.; SÁ, M. S. M.; CUNHA, T. J. F.; **Produção e composição nutricional de espécies para cobertura do solo**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007. (Embrapa Semi-Árido. Boletim de Pesquisa, 71).

SILVA, V. M., **Soja como bioindicador para o estudo do potencial de lixiviação do 2,4-D em Latossolo Vermelho com chuva simulada.** 2017. 107 f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical – Universidade Federal de Mato Grosso – Faculdade de Agronomia e Zootecnia, Cuiabá, 2017.

SILVEIRA, C. B.; Projecto Arca: Descrição Botânica do Lablab purpureus L, Fundação para a Ciência e a Tecnologia, p. 260-261, 2006.

SIMEÃO, M.; **Crescimento e produtividade de grãos de soja sob déficit hídrico no solo**, Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas), Universidade Federal do Piauí, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Bom Jesus: PI, 2015.

SOUSA, C. M.M.; PEDROSA, E. M. R.; ROLIM, M. M.; FILHO, R. A. O.; SOUSA, M. A. L.; FILHO, J. V. P. Crescimento e respostas enzimáticas do feijoeiro caupi sob estresse hídrico e nematóide de galhas, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** Campina Grande: PB, v. 19, n. 02, p. 113-118, 2015.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E.; **Cerrado: Correção do solo e adubação**, 2º edição, Brasília: DF, Embrapa Cerrados, 2006.

SOUSA, F. F.; CARMO, D. L.; CARNEIRO, J. E. S.; URGUIAGA, S.; SANTOS, R. H. S. Legumes as green manure for common bean cultivated in two growing seasons at southeast Brazil, African Journal of Agricultural, v. 11, p. 4953-4958, December, 2016.

SOUSA, M. A. de.; LIMA, M. D. B. Influência da suspensão da irrigação em estádios de desenvolvimento do feijoeiro cv carioca comum. **Biosci. J.,** Uberlândia, v. 26, n. 4, p. 550-557, July-Aug, 2010.

SOUZA, P. A., SOUZA, H. B. A., FALEIROS, R. B. S., FREITAS, O.; **Avaliação físico-química e nutricional de grãos de labe-labe** (lablab purpurus (L.) Sweet), Revista Alimento e Nutrição, São Paulo, p. 99-109, 1992.

SOUZA, R. J. K.; NETO, R. A .F.; SILVA, A. A S.; BARROS, B. G. F.; GIONGO, V.; FREITAS, A. D. S.; Produção de Biomassa e Relação C/N em plantas utilizadas como adubo verde no município de Juazeiro – BA**, XXXV Congresso Brasileiro de Ciências do Solo**, Natal: RN, Agosto, 2015.

SPONCHIADO; B. N., WHITE; J. W., CASTILLO; J. A., JONES; P.G. Root growth of fourcommon bean cultivars in relation to drought tolerance in environments with contrasting soil types. **Exp. Agric**., v. 25, p. 249–257, 1989.

TAGLIAFERRE, C.; SANTOS, T.; SANTOS, L. C.; NETO, I. J. S.; ROCHA, F. A.; PAULA, A. Características agronômicas do feijão caupi inoculado em função de lâminas de irrigação e de níveis de nitrogênio, **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n.02, p. 242-248, mar-abr, 2013.

TAIZ, L., ZEIGER., E.; **Fisiologia Vegetal**, Tradução: Armando Molina Divan Júnior et al; revisão técnica: Paulo Luiz de Oliveira. 5ª edição, Porto Alegre: ArtMed, 2013.

VALE, N. M.; BARILI, L. D.; STINGHIN, J. C.; COIMBRA, J. L. M.; GUIDOLIN, A. F. KOOP, M. M. Avaliação para tolerância ao estresse hídrico em feijão, **Biotemas**, v.25, ed. 03, p. 135-144, setembro de 2012.

VARGAS, M.A.T., HUNGRIA, M., **Biologia dos solos dos Cerrados**, Embrapa, Planaltina: DF, 1997.

VERBRUGGEN, N.; HERMANS, C. Proline accumulation in plants: a review, Review Artige, **Amino Acids**, v. 35, p. 7 53-759, 2008.

VITAL, R. G. MULLER, C.; COSTA, A.; MOURA, L. M. V. Alterações morfológicas em cultivares de soja submetida ao estresse hídrico**, IV INOVAGRI International Meeting,** January, 2017.

WENDLAND, S. B.; PORTILHO, I. I. R.; PIEREZAN, L.; MERCANTE, F. M. **Avaliação da nodulação e eficiência simbiótica em feijão-caupi inoculado com rizóbios nativos de Mato Grosso do Sul,** 3º Seminário de Agroecologia do Mato Grosso do Sul, 2º Encontro de Produtores Agroecologistas do Mato Grosso do Sul, Corumbá: MS, 2010.

ANEXO A – RESUMO DAS ANÁLISES DE VARIÂNCIA

Resumo das análises de variância referente às variáveis altura de plantas, diâmetro do caule, número de folhas e período de florescimento.

Fator de variação	Variáveis					
	Altura de planta (35DAS)	Altura de planta (50DAS)	Diâmetro do caule (35DAS)	Diâmetro do caule (50DAS)	Número de folhas (35 DAS)	Período de Florescimento (55DAS)
Bloco	36,7^{NS}	03^{NS}	0,17^{NS}	0,58^{NS}	4,21 ^{NS}	3,39 ^{NS}
Disponibilidade – DH	78,38*	04***	0,44*	0,21^{NS}	6,42**	5,91 ^{NS}
Linear	157*	01*	0,23*	0,32^{NS}	13,90*	0,1^{NS}
Quadrática	104,9*	03^{NS}	0,07^{NS}	0,31^{NS}	11,28*	8,6 ^{NS}
Estirpe – E	36,84^{NS}	02^{NS}	0,031^{NS}	0,15^{NS}	4,96*	12,8^{NS}
DH x E	42,65^{NS}	08^{NS}	0,077^{NS}	0,18^{NS}	1,09^{NS}	17,3*
Média geral	24,33	29,42	4,88	4,94	5,93	51,75
C.V. (%)	19,49	22,07	7,47	9,03	20,2	5,24
Lambda (λ)	--	--	--	-0,2	--	--
Shapiro-Wilk (p-valor)	0,1084^{NS}	0,014^{NS}	0,03^{NS}	0,0004**	0,69^{NS}	0,11^{NS}
Bartlett (p-valor)	0,3094^{NS}	0,02^{NS}	0,11^{NS}	0,08^{NS}	0,89^{NS}	0,31^{NS}

*** significativo ao nível de 0,1% de probabilidade (p<0,001); **significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < 0,01); * significativo ao nível de 5% de probabilidade 0,01 ≤ p < 0,05); ^{ns} não significativo ao nível (p ≥ 0,05); -- sem transformações. C.V. Coeficiente de variância; Lambda (λ) fator de transformação do modelo da família Box-Cox.

Resumo das análises de variância referente às variáveis abscisão foliar, massa seca da parte aérea e concentração de nitrogênio na parte aérea.

Fator de variação	Variáveis					
	Abscisão foliar (29DAS)	Abscisão foliar (35DAS)	Abscisão foliar (41DAS)	Abscisão foliar (55DAS)	Massa seca da parte aérea	Concentração de nitrogênio da parte aérea
Bloco	0,10^{NS}	0,05^{NS}	0,06^{NS}	1,03^{NS}	1,51^{NS}	10,06*
Disponibilidade	0,83***	0,58^{NS}	0,05^{NS}	1,23^{NS}	4,36**	12,64 ^{NS}
Linear	2,79***	0,46^{NS}	0,002^{NS}	0,05^{NS}	7,69***	18,56 ^{NS}
Quadrática	0,67^{NS}	0,59^{NS}	0,00001^{NS}	1,99^{NS}	1,37^{NS}	29,68 ^{NS}
Estirpe – E	0,003^{NS}	0,25^{NS}	0,05^{NS}	4,36^{NS}	0,84^{NS}	20,93*
DH x E	0,71**	0,22^{NS}	0,005*	0,42^{NS}	0,67^{NS}	12,64 ^{NS}
Média geral	4,32	3,64	1,03	5,62	4,27	20,01
C.V. (%)	21,05	31,1	20,3	29	17,24	11,73
Lambda (λ)	Log	Log	Log	-	-	--
Shapiro-Wilk	0,54^{NS}	0,93^{NS}	0,97^{NS}	0,05^{NS}	0,25^{NS}	0,23^{NS}
Bartlett	0,69^{NS}	0,45^{NS}	0,20^{NS}	0,82^{NS}	0,72^{NS}	0,42^{NS}

*** significativo ao nível de 0,1% de probabilidade (p<0,001); **significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < 0,01); * significativo ao nível de 5% de probabilidade 0,01 ≤ p < 0,05); ^{ns} não significativo ao nível (p ≥ 0,05); -- sem transformações. C.V. Coeficiente de variância; Lambda (λ) fator de transformação do modelo da família Box-Cox.

Resumo da análise de variância referente às variáveis relação da relação entre a massa seca da parte aérea e raízes, massa seca total, proteína bruta e acúmulo de nitrogênio.

Fator de variação	Variáveis			
	Relação entre a massa seca da parte aérea e raízes	Massa seca total (g kg^{-1})	Proteína bruta total (g)	Acúmulo de nitrogênio
Bloco	0,08 ^{NS}	35,05 ^{NS}	3202,9 ^{NS}	0,04 ^{NS}
Disponibilidade Hídrica	0,09 ^{NS}	234,89**	889,51 ^{NS}	0,39**
Linear	0,27 ^{NS}	789,28**	771, ^{NS}	1,43**
Quadrática	0,06 ^{NS}	119,79 ^{NS}	2026,5 ^{NS}	0,09 ^{NS}
Estirpe – E	0,04 ^{NS}	134,03 *	2632,1 ^{NS}	0,05 ^{NS}
DH x E	0,05 ^{NS}	53,20 ^{NS}	1657,36 ^{NS}	0,39 ^{NS}
Média geral	2,29	22,19	249,1	0,88
C.V. (%)	12,9	29,2	15,24	23,2
Lambda (λ)	$(x+1)^{0,5}$	---	---	---
Shapiro-Wilk (p-valor)	0,17^{NS}	0,075^{NS}	0,83^{NS}	0,12^{NS}
Bartlett (p-valor)	0,16^{NS}	0,74 ^{NS}	0,43^{NS}	0,87^{NS}

*** significativo ao nível de 0,1% de probabilidade (p<0,001); **significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < 0,01); * significativo ao nível de 5% de probabilidade 0,01 ≤ p < 0,05); ^{ns} não significativo ao nível (p ≥ 0,05); -- sem transformações. C.V. Coeficiente de variância; Lambda (λ) fator de transformação do modelo da família Box-Cox.

Resumo da análise de variância referente às variáveis volume e massa seca de raízes, concentração de nitrogênio nas raízes e total, número e massa seca de nódulos.

Fator de variação	Variáveis					
	Volume de raízes	Massa seca das raízes	Concentração de nitrogênio nas raízes	Massa seca dos nódulos	Número de nódulos	Concentração de nitrogênio total
Bloco	2,31 ^{NS}	0,20 ^{NS}	10,06 ^{NS}	0,012 ^{NS}	9,60 ^{NS}	852 ^{NS}
Disponibilidade Hídrica	8,01**	0,21 ^{NS}	12,64 ^{NS}	0,19**	75,43***	889,25 ^{NS}
Linear	25,92**	0,51*	18,56 ^{NS}	0,70***	219,1***	981,34 ^{NS}
Quadrática	3,50*	0,25 ^{NS}	29,66*	0,03^{NS}	73,68***	243,92 ^{NS}
Estirpe –E	5,12 ^{NS}	0,25 ^{NS}	20,91 ^{NS}	0,04 ^{NS}	25,06*	2632 ^{NS}
DH x E	1,88 ^{NS}	0,21 ^{NS}	6,55 ^{NS}	0,04 ^{NS}	11,58 ^{NS}	1657,5 ^{NS}
Média geral	6,93	2,26	20,01	1,32	10,64	
C.V. (%)	18,83	14,24	11,73	12,10	26,08	15,24
Lambda (λ)	$(x+1)^{0,5}$	--	--	--	--	
Shapiro-Wilk (p-valor)	0,58^{NS}	0,77^{NS}	0,38^{NS}	0,76^{NS}	0,22^{NS}	0,32 ^{NS}
Bartlett (p-valor)	0,33^{NS}	0,05^{NS}	0,70^{NS}	0,92^{NS}	0,11^{NS}	0,26 ^{NS}

*** significativo ao nível de 0,1% de probabilidade (p<0,001); **significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < 0,01); * significativo ao nível de 5% de probabilidade 0,01 ≤ p < 0,05); ^{ns} não significativo ao nível (p ≥ 0,05); -- sem transformações. C.V. Coeficiente de variância; Lambda (λ) fator de transformação do modelo da família Box-Cox.

Resumo da análise de variância referente às variáveis índice de clorofila Falker aos 35, 45 e 55 dias após a semeadura (DAS).

Fator de variação	**Variáveis**		
	Índice de clorofila Falker (45 DAS)	Índice de clorofila Falker (55 DAS)	Índice de clorofila Falker (35 DAS)
Bloco	7,51 ^{NS}	8,69 ^{NS}	7,56 ^{NS}
Disponibilidade Hídrica	3,87 ^{NS}	10, 89 *	18,98 *
Linear	2,34 ^{NS}	22,69*	0,826*
Quadrática	4,48 ^{NS}	5,54 ^{NS}	12,87 *
Estirpe –E	9,79 ^{NS}	5,3 ^{NS}	7,25 ^{NS}
DH x E	10,67 ^{NS}	6,19 ^{NS}	6,31 ^{NS}
Média geral	35,34	33,39	34,74
C.V. (%)	6,97	6,76	7,14
Lambda (λ)			----
Shapiro-Wilk (p-valor)	0,38^{NS}	0,87^{NS}	0,05 ^{NS}
Bartlett (p-valor)	0,43^{NS}	0,03^{NS}	0,01 ^{NS}

*** significativo ao nível de 0,1% de probabilidade (p<0,001); **significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < 0,01); * significativo ao nível de 5% de probabilidade 0,01 ≤ p < 0,05); ^{ns} não significativo ao nível (p ≥ 0,05); -- sem transformações. C.V. Coeficiente de variância; Lambda (λ) fator de transformação do modelo da família Box-Cox.