



REVISTA TRÓPICA: Ciências Agrárias e Biológicas

Respostas fisiológicas e produtividade de feijoeiro cultivado em sistema silviagrícola com diferentes manejos de adubação

Gabriel Correa Souza¹, Leidivan Almeida Frazão^{1*}, Rafael Ferreira Dias¹, Camila dos Santos Gonçalves Lucas¹, Clóvis Henrique Oliveira Rodrigues¹, Plínio Barbosa Camargo²

Resumo – Os sistemas silviagrícolas são modelos de produção integrada compostos por espécies agrícolas e florestais, tornando-se importante a seleção de espécies agrícolas adaptadas às condições de sombreamento. Assim, este estudo avaliou as respostas fisiológicas e os componentes de produtividade de feijoeiro das cultivares Pérola e Dama coinoculadas com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* e cultivadas em sistema silviagrícola com diferentes manejos de adubação (uréia, molibdato de sódio, P natural e NPK) no Norte de Minas Gerais. Avaliaram-se: taxa de assimilação de CO₂, concentração interna de CO₂, massa seca da parte aérea, número total de nódulos nas raízes, teor de nitrogênio foliar, número de vagens por planta, de grãos por vagem e por planta, massa de cem grãos e produtividade. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey ($p < 0,05$) com auxílio do software R. A coinoculação de feijoeiro com diferentes manejos de adubação não influencia a taxa de assimilação do CO₂ das cultivares Pérola e Dama. A adubação de cobertura com molibdênio e nitrogênio não aumenta o número de nódulos nas raízes, porém potencializa a produtividade da cultura do feijoeiro no sistema integrado de produção. A cultivar Pérola apresenta maior produtividade em relação a cultivar Dama cultivada em sistema silviagrícola, sendo indicada para plantio em condições de sombreamento.

Palavras-chave: Fixação biológica de nitrogênio, *Phaseolus vulgaris*, sombreamento, sistemas integrados de produção, taxa fotossintética.

Physiological responses and productivity of common bean cultivated in agroforestry system with different management of fertilization

Abstract - The agroforestry systems are models of integrated production composed by agricultural and forest species, becoming important the selection of crop species adapted to the shading conditions. Thus, this study evaluated the physiological responses and productivity components of the two common bean cultivars ('Pérola' and 'Dama') co-inoculated with *Rhizobium tropici* and *Azospirillum brasilense* and cultivated in an agroforestry system with different fertilization

¹Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais. Avenida Universitária, 1000, Universitário, 39404-547, Montes Claros, MG, gabrielcorrea926@gmail.com, lafrazao@ica.ufmg.br, rafaeldias.agro@gmail.com, camilaslucas@gmail.com, clovis.rod1@gmail.com.

²Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo. Avenida Centenário, 303, São Dimas, 13400-970, Piracicaba, SP, pcamargo@cena.usp.br.

*Autor-correspondente: Tel.: +55 3821017939, ORCID: 0000-0001-6848-9007

management (urea, sodium molybdate, natural P and NPK) in the North of Minas Gerais State, Brazil. Net CO₂ assimilation rate, intercellular CO₂ concentration, total shoot dry matter, number of nodules in roots, foliar nitrogen content, number of pods per plant, grain per pod and grains per plant, weight of 100 grains and productivity of grains were analyzed. The data obtained were submitted to analysis of variance and the means were compared by the Tukey test ($p < 0.05$) using R software. The common bean co-inoculation with different fertilization management did not influenced the CO₂ assimilation rate of the 'Pérola' and 'Dama' cultivars. Molybdenum and nitrogen fertilization in top dressing does not increase the number of nodules in the roots, but increases the productivity of common bean in the integrated production system. The 'Pérola' cultivar presents higher productivity in relation to the 'Dama' cultivar in agroforestry system, being indicated for planting under shading conditions.

Key-words: Biological fixation of nitrogen, *Phaseolus vulgaris*, shading, integrated production systems, photosynthetic rate.

INTRODUÇÃO

A cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) apresenta importância econômica e social para o Brasil. O crescimento populacional vem promovendo aumento na demanda por alimentos, e o feijão é um dos alimentos básicos que requer elevação nos níveis de produção (OLIVEIRA et al., 2012). Porém, apesar de grande variabilidade genética, o baixo nível tecnológico utilizado pelos produtores e os solos com baixa fertilidade são fatores que ainda limitam aumento da produtividade do feijoeiro (PELEGRINI et al., 2009).

O aumento da produção deve ser aliado à preservação dos recursos naturais, de forma a garantir altos índices de produtividade com o uso conservacionista do solo e dos recursos hídricos. Uma das alternativas viáveis para obtenção de produção mais sustentável é a integração de várias culturas na mesma área, como o uso de sistemas silviagrícolas ou de integração Lavoura-Floresta (iLF). De acordo com Balbino et al. (2011) esses modelos de produção integrada possibilitam a diversificação na produção, melhor aproveitamento da água, promovem mais fontes de renda ao produtor, além de auxiliar na recuperação de áreas degradadas.

Espera-se que em áreas sombreadas, como nos sistemas silviagrícolas, haja uma diminuição na captação de luz e de dióxido de carbono, o que influencia o crescimento e produtividade das plantas (SANTOS et al., 2011). Sendo assim, plantas que tenham um maior aproveitamento de radiação solar são mais interessantes para os sistemas de integração. O feijoeiro é indicado para cultivo nesses ambientes por ter saturação do metabolismo fotossintético com baixas intensidades luminosas.

Para garantir a produtividade do feijoeiro nos sistemas integrados é necessário o suprimento de nitrogênio, nutriente essencial que contribui para o aumento da produtividade (VINCENSI et al., 2011). A promoção da fixação biológica do nitrogênio (FBN) com uso de inoculantes pode ser recomendada com ou sem adição de adubação mineral (TEIXEIRA; ZANETTI, 2007). Visando potencializar o efeito simbiótico e da FBN, Albuquerque et al. (2012) recomendam a aplicação de molibdênio entre 15 e 25 dias após a emergência (DAE), uma vez que este micronutriente é componente da enzima nitrogenase.

Assim como a adubação influencia no crescimento e produtividade das culturas, Santos et al. (2011) ponderam que algumas características morfológicas e fisiológicas do feijoeiro são alteradas de acordo com a intensidade luminosa durante o ciclo das culturas. As cultivares Pérola e Dama são pertencentes ao grupo comercial carioca, sendo que a primeira possui porte semi-ereto e a segunda possui porte prostrado. Ambas as cultivares apresentam hábito de crescimento indeterminado tipo III, que consiste em ramificações bem desenvolvidas e abertas (SILVA; COSTA, 2003).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar as características fisiológicas e os componentes de produtividade de duas cultivares de feijoeiro comum coinoculadas com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum* e cultivadas em sistema silviagrícola com diferentes manejos de adubação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Professor Hamilton de Abreu Navarro do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, em Montes Claros/MG (16°40'3,17" S e 43°50'40,97" W). De acordo com a classificação de Köppen o clima é tropical de savana (Aw), com temperaturas anuais variando entre 19 °C e 34 °C e com duas estações bem definidas, verão chuvoso e inverno seco. A precipitação média anual varia entre 1000 e 1200 mm (INMET, 2018). No período que compreendeu desde o preparo do solo até a colheita das culturas agrícolas em campo (outubro/2017 a março/2018) a precipitação total foi de 748 mm e as temperaturas médias mínimas e máximas foram 19 e 34 °C (Figura 1).

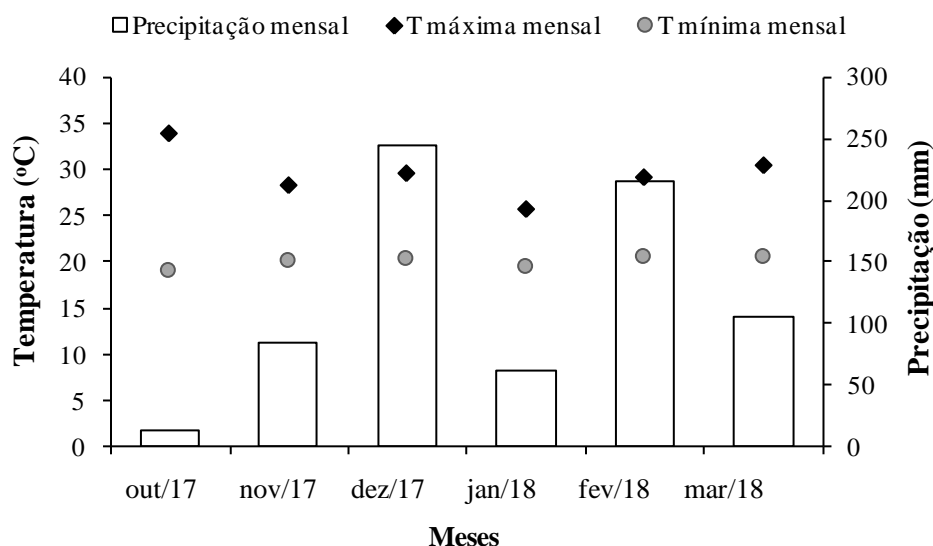


Figura 1 – Temperaturas mínimas e máximas mensais e precipitação mensal no município de Montes Claros/MG entre outubro/2017 e março/2018 (INMET, 2018).

A área experimental foi implantada como sistema agrossilvipastoril em janeiro de 2009 e cultivada com culturas anuais e forrageiras consorciadas com árvores do híbrido *Eucalyptus urograndis* (*E. grandis* x *E. urophylla*). O arranjo consistiu de linhas simples com espaçamento 10 x 2m (10 metros entre linhas e 2 metros entre plantas de eucalipto).

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico, de textura média. A caracterização química do solo realizada antes da implantação do experimento com o feijoeiro indicou os seguintes resultados: pH = 6,1; P (Melich) = 9,59 mg dm⁻³; K = 193 mg kg⁻¹; Ca = 7,57 cmolc dm⁻³; Mg = 2,19 cmolc dm⁻³; H+ Al = 2,53 cmolc dm⁻³, e; teor de matéria orgânica = 42,3g kg⁻¹. Os teores de areia, silte e argila foram, respectivamente, 430, 325 e 245 g kg⁻¹.

Para implantação do experimento com feijoeiro, o delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas, consistindo de oito tratamentos e quatro repetições, onde as parcelas foram representadas por duas cultivares de feijoeiro-comum e as subparcelas por quatro manejos de adubação, conforme descrito a seguir:

- T1: Cultivar Pérola, com aplicação de fosfato natural (Pnat) no plantio e adubação de cobertura com N e Mo;
- T2: Cultivar Pérola, com aplicação NPK no plantio e adubação de cobertura com N e Mo;
- T3: Cultivar Pérola, com aplicação de NPK no plantio e adubação de cobertura com N;
- T4: Cultivar Pérola, com aplicação de NPK no plantio e adubação de cobertura com Mo;
- T5: Cultivar Dama, com aplicação de Pnat no plantio e adubação de cobertura com N e Mo;
- T6: Cultivar Dama, com aplicação de NPK no plantio e adubação de cobertura com N e Mo;

- T7: Cultivar Dama, com aplicação de NPK no plantio e adubação de cobertura com N;
- T8: Cultivar Dama, com aplicação de NPK no plantio e adubação de cobertura com Mo.

Em outubro de 2017, o preparo do solo entre as linhas do eucalipto foi realizado utilizando um motocultivador tratorito BTTG 6.5-800. Posteriormente foram delimitadas as parcelas experimentais e o plantio foi realizado com uma distância mínima de 1 metro do eucalipto. O estande proposto foi de 12 plantas/ metro linear, com espaçamento entre linhas de 0,45m, e considerando o arranjo do sistema silviagrícola (eucalipto + feijoeiro) esse estande por hectare foi de 213.000 plantas. Cada subparcela foi composta por 4 linhas de 8 m cada, e a área útil foi delimitada considerando as duas linhas centrais com 7 m de comprimento.

Antes do plantio, as sementes foram coinoculadas com *Rhizobium tropici* Semia 4077/4080 e *Azospirillum brasiliense* Estirpes AbV5/AbV6. A quantidade de produto utilizada foi de 100 ml para 25 kg de sementes. A adubação de plantio com P natural e NPK (4-26-10) foi realizada aplicando-se, respectivamente, 523 e 423 kg ha⁻¹. O molibdato de sódio foi aplicado via foliar aos 25 DAE, com uma bomba costal, na dosagem de 155 g ha⁻¹. A adubação nitrogenada de cobertura foi parcelada e realizada manualmente aos 20 e 30 dias após a emergência (DAE) das plantas, utilizando-se ureia como fonte de nitrogênio. O controle de plantas invasoras realizado com capina manual ao longo do ciclo da cultura.

As avaliações fisiológicas das plantas de feijão foram realizadas por meio da determinação da taxa de assimilação de dióxido de carbono (CO₂) ou taxa fotossintética (A) (μmol de CO₂ m⁻² s⁻¹) e da concentração interna de CO₂ ou taxa de CO₂ na cavidade subestomática (c_i) (μmol mol⁻¹)⁻¹ utilizando o analisador de gás por infravermelho (IRGA), modelo LCpro-SD. Foram realizadas três avaliações ao longo do ciclo da cultura: i) fase vegetativa (estádio V4), com terceira folha trifoliolada aberta e plana; ii) fase reprodutiva (estádio R6), durante a floração e; iii) fase reprodutiva (estádio R9), na maturação. As leituras foram realizadas no período da manhã, entre 7h00 e 10h00, em dias ensolarados e sem a presença de nuvens (STEFAN et al., 2013), visando obter o máximo de luminosidade dentro de cada parcela. Avaliou-se duas plantas por parcela e uma leitura em cada planta, adotando-se como critério folhas totalmente expandidas e com a mesma altura, aproximadamente.

No período de florescimento, quando 50% das plantas de cada parcela apresentavam flores, avaliou-se os seguintes parâmetros, de acordo com recomendação de Ferreira et al. (2000):

- Massa seca da parte aérea (MSPA): oito plantas foram coletadas ao acaso na área útil da parcela, folhas e ramos foram lavados com água destiladas, secas em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 65°C até atingir peso constante. Posteriormente, determinou-se a massa da matéria seca e os valores foram convertidos em g planta⁻¹.

- Número total de nódulos nas raízes (NTN): determinado por meio da contagem de nódulos em 5 plantas em cada parcela, dentro de um bloco, onde primeiramente foi retirada a parte área com o corte do caule a uma altura de 3 cm em relação ao solo, afim, de facilitar a retirada do sistema radicular, com o auxílio de uma pá-de-corte na profundidade de 0 a 20 cm. Após a coleta, as raízes foram lavadas em água corrente utilizando-se peneiras, e posteriormente, foi feita a contagem dos nódulos (PERES, 2014);
- Teor de nitrogênio nas folhas (N foliar): as folhas das oito plantas oriundas da determinação da MSPA foram moídas em moinho tipo Willey e analisadas pelo analisador elementar Carlo Erba (CHN-1110) acoplado a um espectrômetro de massas Finnigan Delta Plus no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP).

No período da colheita, quando se obteve a maturação fisiológica das plantas, foram coletadas 10 plantas na área útil de cada parcela para determinação de:

- Número de vagens por planta (NVP);
- Número médio de grãos por vagem (NGV);
- Número de grãos por planta (NGP);
- Massa de 100 grãos (MCG), coletados ao acaso, em duas amostras de 100 grãos por parcela, com umidade corrigida a 13%.
- Produtividade, em kg ha⁻¹, considerando a massa dos grãos obtidos na área útil de cada parcela, ocupada pela cultura do feijoeiro no sistema silviagrícola.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey ($p < 0,05$) com auxílio do *software* R, versão 3.3.1. (R STUDIO TEAM, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A taxa fotossintética (A) de feijoeiro das duas cultivares (Pérola e Dama) foi semelhante nos três estádios de desenvolvimento avaliados e também não houve diferença entre os manejos de adubação adotados ($p > 0,05$) (Figuras 2A e 2B). Como a eficiência fotossintética sob restrição luminosa é uma característica inerente a cada variedade (COELHO et al., 2014), este resultado indica que as duas cultivares apresentam as mesmas respostas fisiológicas em relação às condições de manejo empregadas no sistema silviagrícola.

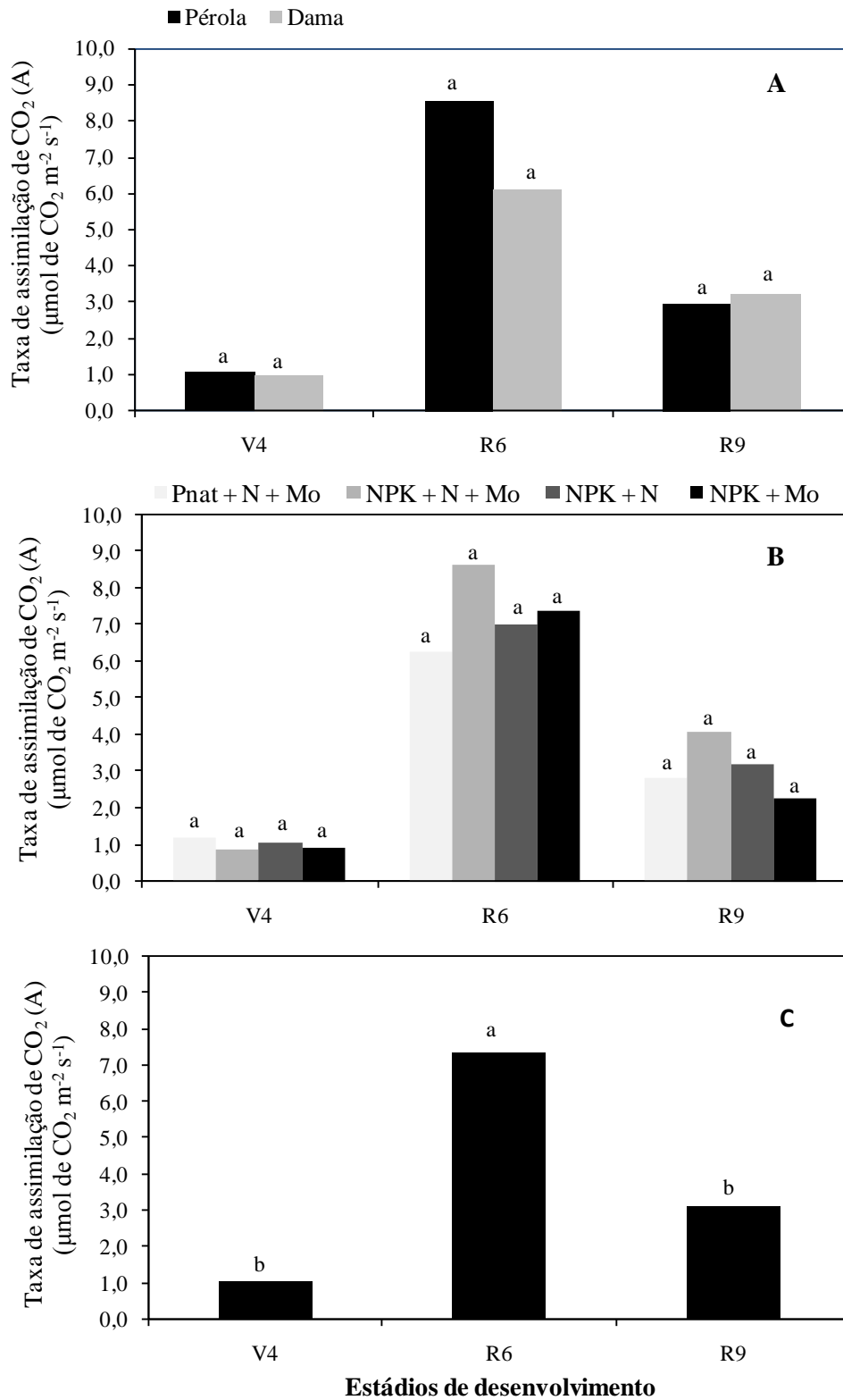


Figura 2- Taxa de assimilação de CO_2 (A) ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) em diferentes estágios de desenvolvimento da cultura do feijoeiro. A= Comparação entre de feijoeiro duas cultivares (Pérola e Dama) em cada estágio de desenvolvimento; B = Comparação entre os manejos de adubação em cada estágio de desenvolvimento do feijoeiro; C= Comparação entre os estágios de

desenvolvimento do feijoeiro. Variáveis com médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Ao realizar desdobramento dos fatores, observou-se diferença estatística entre os estádios de desenvolvimento, assim, as plantas apresentaram maior média de assimilação de CO_2 ($7,33 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) no estádio R6 (período da floração) (Figura 2C). O aumento da taxa fotossintética pode ser explicado pelo maior índice de área foliar encontrado próximo à floração (JAUER et al., 2003), pois este é um fator que influencia na interceptação da radiação, tornando a fotossíntese mais eficiente. De acordo com Teixeira et al. (2015), a redução na taxa de crescimento da cultura, após a floração, é devida à translocação de fotoassimilados, o que culmina na redução do índice de área foliar e explica o declínio da taxa fotossintética no estádio R9.

Embora a taxa de assimilação do CO_2 tenha sido maior no estádio R6, estes valores foram inferiores aqueles encontrados por Ferraz et al. (2012) e Silva et al. (2010) que trabalharam com três ecótipos de feijão comum e feijão caupi. O sombreamento pelo eucalipto pode ter causado essa redução na taxa fotossintética. De acordo com Goulart et al. (2010), o sombreamento induz ao estiolamento das plantas, que aloca parte de seus recursos para aumentar a altura do caule e deixa de investir em área foliar e formação de vagens e/ou grãos.

Já em relação à concentração interna de CO_2 (c_i), a cultivar Dama se diferenciou da cultivar Pérola no estádio R9, com valores $287,46$ e $255,87 \mu\text{mol mol}^{-1}$ respectivamente (Figura 3A). De acordo com Ferraz et al. (2012), a maior c_i observada está associada a maior taxa de assimilação de CO_2 , porém neste estudo não foram evidenciadas diferenças significativas entre as cultivares (Figura 2A).

Não houve diferença de c_i entre os manejos de adubação nos três estádios avaliados (Figura 3B). Porém, ao avaliar a interação simples entre cultivares e manejos de adubação, a cultivar Dama apresentou maior concentração interna de CO_2 quando comparada a cultivar Pérola, com valores de $326,95$ e $309,26 \mu\text{mol mol}^{-1}$, respectivamente. Os valores de c_i observados são superiores aqueles encontrados por Ferraz et al. (2012) ao avaliar três ecótipos de feijoeiro. O resultado deste estudo pode ser atribuído ao cultivo do feijoeiro em consórcio com o eucalipto em sistema silviagrícola, no qual o sombreamento promovido pelas espécies arbóreas proporciona maior conforto térmico, de forma que o fechamento estomático é menor e a concentração interna de CO_2 não diminui (JADOSKI et al., 2005).

A concentração interna de CO_2 média das plantas foi maior no estádio de desenvolvimento vegetativo (V4) e diminuiu nos estádios reprodutivos (Figura 3C). De acordo com Silva et al. (2015), maiores valores c_i são associadas com a maior disponibilidade hídrica no solo, o que pode

explicar o declínio no estágio R9 neste experimento, pois houve diminuição da precipitação na área de cultivo (Figura 1).

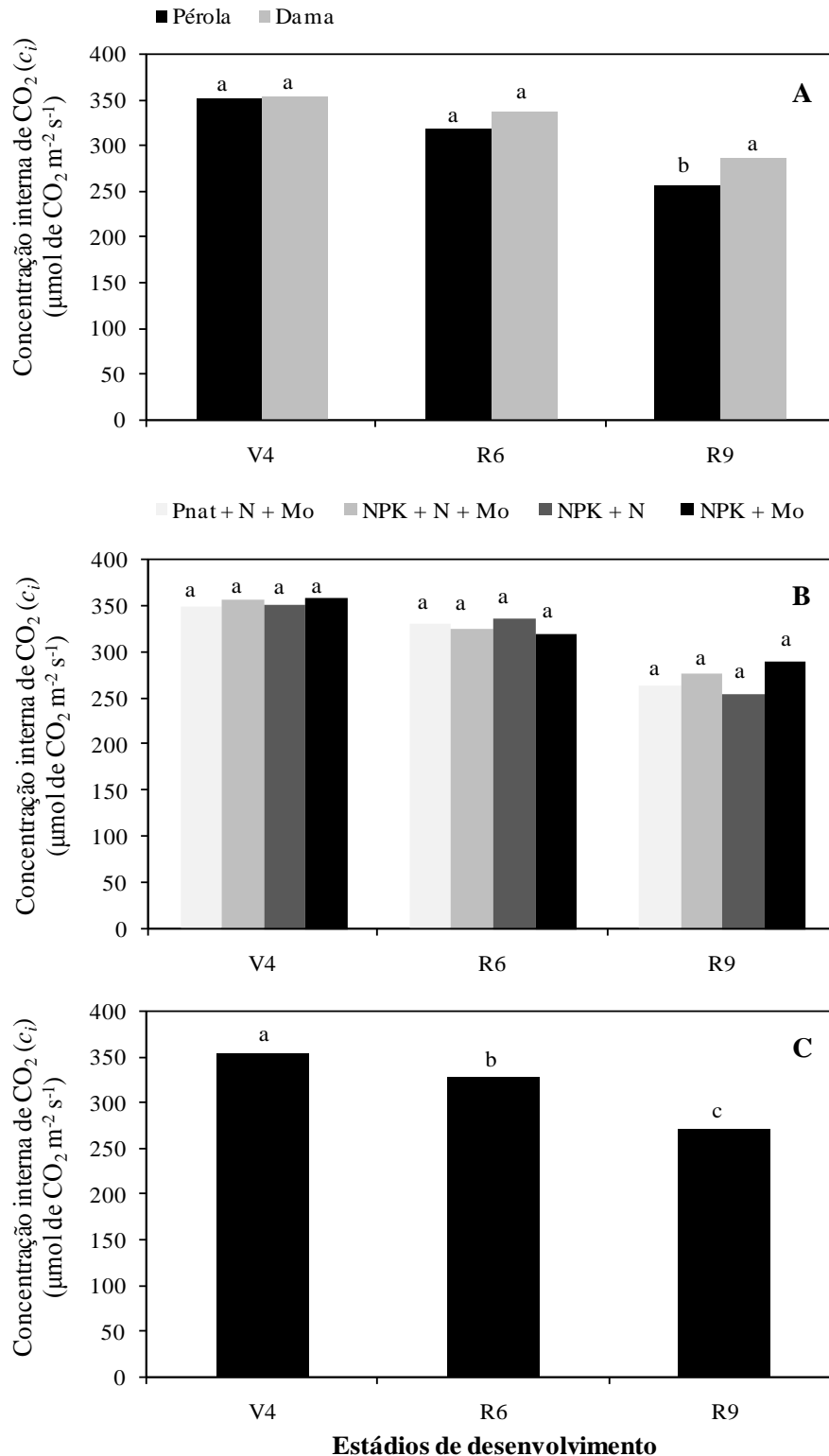


Figura 3 - Concentração interna de CO₂ na cavidade subestomática (c_i) ($\mu\text{mol mol}^{-1}$) em diferentes estágios desenvolvimento da cultura do feijoeiro. A= Comparação entre feijoeiro das duas cultivares (Pérola e Dama) em cada estágio de desenvolvimento; B = Comparação entre os manejos de

adubação em cada estágio de desenvolvimento do feijoeiro; C= Comparação entre os estágios de desenvolvimento do feijoeiro. Variáveis com médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Foi observada interação significativa ($p < 0,05$) entre cultivar e manejo de adubação para as variáveis MSPA, NVP, MCG e NTN; enquanto as variáveis NGP e NGV não apresentaram diferenças entre as cultivares. Houve resposta de produtividade (kg ha^{-1}) entre os manejos de adubação, e a cultivar Pérola apresentou maior produtividade.

Comparando as cultivares para cada manejo de adubação, a cultivar Dama apresentou maiores valores de MSPA (9,52g) quando submetida à adubação completa com NPK no plantio e N + Mo de cobertura (Tabela 1). Não foi observada diferença significativa entre as cultivares para os demais manejos de adubação testados. Como houve coinoculação, a aplicação do Mo em cobertura favoreceu a FBN e contribuiu para o desenvolvimento radicular e, conseqüentemente, maior exploração de volume de solo e absorção de nutrientes e água. Quando foi aplicado apenas Mo de cobertura (NPK + Mo), os resultados de MSPA para a cultivar Pérola foi semelhante ao tratamento com adubação convencional (NPK + N).

Tabela 1 - Desdobramento das interações significativas da análise de variância referente à massa seca da parte aérea (MSPA) de feijoeiro cultivado em sistema silviagrícola.

Adubações	Massa seca da parte aérea (g)	
	Pérola	Dama
Pnat + N + Mo	6,39 a A	6,03 a C
NPK + N + Mo	7,52 b A	9,52 a A
NPK + N	8,11 a A	8,77 a AB
NPK + Mo	8,38 a A	6,46 a BC
CV (%)	17,05	

Médias seguidas por mesma letra maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem pelo teste Tukey ($p < 0,05$). CV: coeficiente de variação.

A cultivar Dama apresentou diferentes produções de MSPA entre os manejos aplicados, e o manejo NPK + N + Mo contribuiu para obtenção do melhor resultado, e o tratamento sem aplicação de NPK (Pnat + N + Mo) foi aquele que apresentou menor valor de MSPA (Tabela 1). Para a cultivar Pérola, não houve diferença estatística entre os manejos de adubação. Estudo conduzido por Bertoldo et al. (2015) obteve valores de MSPA similares ao deste estudo para a cultivar Pérola, mostrando que o sombreamento causado pelas árvores de eucalipto não influenciou essa variável.

Ao realizar a comparação das cultivares para cada nível de adubação, verificou-se que a nodulação (expressa pelo NTN) foi maior na cultivar Dama em relação a cultivar Pérola quando não houve aplicação de nitrogênio em cobertura (NPK + Mo), e não houve diferença na nodulação para os demais manejos de adubação aplicados (Tabela 2). Ambas as cultivares apresentaram boa nodulação quando não houve a aplicação de N no plantio. A presença do Mo em cobertura não influenciou na nodulação da cultivares de feijoeiro, podendo ter ocorrido associação do feijoeiro com populações de rizóbio nativas do solo. Esses resultados são semelhantes aqueles encontrados por Albuquerque et al. (2012) e Hungria et al. (2000) que não encontraram diferenças significativas no número de nódulos em feijoeiro inoculado e com suprimento de nitrogênio mineral. Por outro lado, a ausência de adubação nitrogenada de cobertura (NPK + Mo) contribuiu para a redução da nodulação da cultivar Pérola.

Tabela 2 - Desdobramento das interações significativas da análise de variância referente ao número total de nódulos (NTN) de feijoeiro comum cultivado em sistema silviagrícola.

Adubações	Número total de nódulos (NTN)	
	Pérola	Dama
Pnat + N + Mo	41 a A	55 a A
NPK + N + Mo	63 a A	41 a A
NPK + N	35 a A	47 a A
NPK + Mo	30 b A	65 a A
CV (%)	43,29	

Médias seguidas por mesma letra maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem pelo teste Tukey ($p < 0,05$). CV: coeficiente de variação.

A importância do suprimento de N e Mo na adubação de cobertura pode ser confirmada ao avaliar os teores de N foliar nas duas cultivares estudadas. Os maiores teores de N foliar foram observados nos tratamentos com aplicação conjunta de N e Mo em cobertura (Pnat + N + Mo e NPK + N + Mo), independente da aplicação de N na adubação de plantio (Figura 4). Resultados semelhantes foram encontrados por Albuquerque et al. (2012) ao estudar três cultivares de feijoeiro. Os autores afirmaram que a aplicação parcelada de molibdênio contribuiu com o aumento no teor de N foliar, e também com a formação de nódulos, número de grãos por vagens, massa de 100 grãos e produtividade.

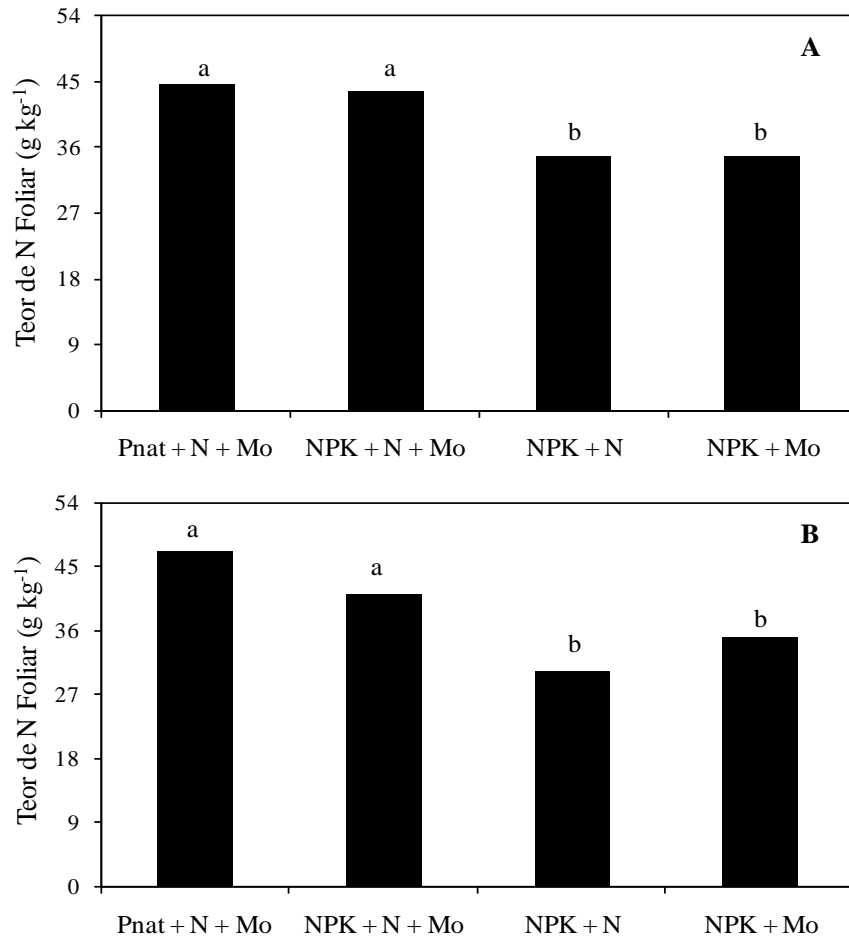


Figura 4 - Teor de N foliar de feijoeiro nas cultivares Pérola (A) e Dama (B) cultivadas em sistema silviagrícola sob diferentes manejos de adubação. Variáveis com médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Em relação ao NVP, a cultivar Dama apresentou melhor resposta em relação a cultivar Pérola quanto a utilização de fosfato natural no plantio (Pnat + N + Mo) (Tabela 3), o que pode ter relação com resultado encontrado para o NTN (Tabela 2). Já a adubação completa (NPK + N + Mo) aumentou o NVP para as duas cultivares avaliadas, e a cultivar Pérola obteve melhor resposta a este manejo de adubação.

De acordo com os resultados obtidos pode-se inferir que a aplicação de Mo em cobertura pode contribuir para aumentar o rendimento do feijoeiro, uma vez que favorece o processo de nodulação da cultura (Tabelas 2 e 3). Albuquerque et al. (2012) também encontraram resultados positivos para a aplicação de Mo foliar, e os autores atribuíram o resultado ao aumento da absorção de N, uma vez que o molibdênio faz parte da enzima nitrogenase, que promove a FBN, e redutase nitrato, que está relacionada com o aproveitamento do nitrato absorvido pelas plantas. Esses resultados são importantes, uma vez que o uso de Mo pode acarretar em redução na aplicação de

fertilizante nitrogenado, acarretando em diminuição dos custos de produção, e contribuindo para uma produção mais sustentável.

Tabela 3 - Desdobramento das interações significativas da análise de variância referente ao número de vagens por planta (NVP) de feijoeiro cultivado em sistema silviagrícola.

Adubações	Número de vagens por planta (NVP)	
	Pérola	Dama
Pnat + N + Mo	4,98 b C	5,43 a B
NPK + N + Mo	6,58 a A	6,15 b A
NPK + N	5,53 a B	5,58 a B
NPK + Mo	5,00 b BC	5,73 a AB
CV (%)	4,86	

Médias seguidas por mesma letra maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem pelo teste Tukey ($p < 0,05$). CV: coeficiente de variação.

Independente do manejo de adubação utilizado, a cultivar Pérola apresentou massa de cem grãos (MCG) superior a cultivar Dama (Tabela 4), mostrando que esta cultivar se adaptou melhor às condições de sombreamento do sistema silviagrícola. A aplicação de Mo via foliar foi responsável pelo aumento da MCG da cultivar Dama, o que mostra a importância da aplicação foliar deste micronutriente para o feijoeiro. Calonego et al. (2010) também encontraram resposta positiva para essa variável com o suplemento de Mo via adubação foliar.

Tabela 4 - Desdobramento das interações significativas da análise de variância referente à massa de 100 grãos (MCG) de feijoeiro cultivado em sistema silviagrícola.

Adubações	Massa de 100 grãos (g)	
	Pérola	Dama
Pnat + N + Mo	29,62 a A	21,63 b AB
NPK + N + Mo	27,68 a A	23,58 b A
NPK + N	28,91 a A	20,78 b B
NPK + Mo	29,78 a A	21,84 b AB
CV (%)	4,97	

Médias seguidas por mesma letra maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem pelo teste de Tukey Tukey ($p < 0,05$). CV: coeficiente de variação.

Os diferentes manejos de adubação não influenciaram no número de grãos por vagem (NGV) do feijoeiro. Já o número de grãos por planta (NGP) e a produtividade do feijoeiro (kg ha^{-1})

foram superiores quando houve adubação de plantio com NPK e de cobertura com N e Mo (Tabela 5). No sistema silviagrícola, o manejo de adubação NPK + N + Mo contribuiu com uma produtividade média de 573 kg ha⁻¹ na área disponível para a cultura do feijoeiro, mostrando a importância da aplicação do Mo em cobertura. Pode-se constatar que a coinoculação e aplicação de Mo em cobertura pode suprir parcialmente a demanda do nitrogênio, mantendo a mesma produção em relação à adubação convencional.

Tabela 5 – Efeito de quatro tipos de adubações nos componentes de produtividade de feijoeiro cultivado em sistema silviagrícola.

Adubações	Número de grãos por vagem (NGV)	Número de grãos por planta (NGP)	Produtividade (kg/ha)
Pnat + N + Mo	3,97 a	20,66 ab	481,12 b
NPK + N + Mo	3,70 a	23,60 a	573,09 a
NPK + N	3,75 a	20,80 ab	541,36 ab
NPK + Mo	3,61 a	19,25 b	477,23 b
CV (%)	10,43	10,97	8,89

Médias seguidas por mesma letra não diferem pelo teste Tukey ($p < 0,05$). CV: coeficiente de variação.

A cultivar Pérola foi mais produtiva em relação a cultivar Dama, com médias de 545,8 e 490,6 kg ha⁻¹ (Tabela 6), respectivamente, considerando a área disponível para o plantio do feijoeiro no sistema silviagrícola, essa maior produção pode ser devido a maior MCG (Tabela 4). Esses resultados indicam que as cultivares não conseguiram expressar os potenciais produtivos quando cultivadas em sistema silviagrícola, no qual há maior competição por recursos como água e luz e nutrientes (VIANA et al., 2012). No entanto, os resultados encontrados neste estudo estão próximos aos índices médios de produtividade em monocultivos implantados na região Norte do estado de Minas Gerais. Além disso, o sistema conta com a produção do eucalipto, que é contabilizada com mais uma fonte de renda ao produtor.

Tabela 6 – Efeito das cultivares nos componentes de produtividade de feijoeiro cultivado em sistema silviagrícola.

Cultivares	Número de grãos por vagem (NGV)	Número de grãos por planta (NGP)	Produtividade (kg/ha)
Pérola	3,86 a	21,28 a	545,80 a
Dama	3,65 a	20,87 a	490,61 b

CV (%)	10,43	10,97	8,89
--------	-------	-------	------

Médias seguidas por mesma letra não diferem pelo teste Tukey ($p < 0,05$). CV: coeficiente de variação.

CONCLUSÕES

1. A coinoculação de feijoeiro com diferentes manejos de adubação de plantio e cobertura não influencia a taxa de assimilação do CO₂ das cultivares Pérola e Dama cultivadas em sistema silviagrícola.
2. A adubação molíbdica e nitrogenada em cobertura não influencia a nodulação de feijoeiro das cultivares Pérola e Dama, porém potencializa a produtividade em sistema integrado de produção.
3. A cultivar Pérola apresenta melhor resposta de produtividade em relação a cultivar Dama quando cultivada em sistema silviagrícola, sendo indicada para plantio em condições de sombreamento.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, H.C. de; PEGORARO, R.F.; VIEIRA, N.M.B.; AMORIM, I. de J.F.; KONDO, M.K. Capacidade nodulatória e características agronômicas de feijoeiros comuns submetidos à adubação molíbdica e nitrogenada parcelada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, p. 214-221, 2012.
- BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L.A.M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A. de; MARTÍNEZ, G.B.; ALVARENGA, R.C.; KICHEL, A.N.; FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P. dos; FRANCHINI, J.C.; GALERANI, P.R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de Integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p. 1-12, 2011.
- BERTOLDO, J.G.; PELISSER, A.; SILVA, R.P. da; FAVRETO, R.; OLIVEIRA, L.A.D. de. Alternativas na fertilização de feijão visando a reduzir a aplicação de N-ureia. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, p. 348-355, 2015.
- BROOKS, A. Effects of phosphorus nutrition on ribulose 1,5-bisphosphate carboxylase activation, photosynthetic quantum yield and amounts of some Calvin cycle metabolites in spinach leaves. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.13, p. 221-237, 1986.
- CALONEGO, J.C.; RAMOS JUNIOR, E.U.; BARBOSA, R.D.; LEITE, G.H.P.; GRASSI FILHO, H.. Adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro com suplementação de molibdênio via foliar. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, p. 334-340, 2010.
- COELHO, D.S.; MARQUES, M.A.D.; SILVA, J.A.B. da; GARRIDO, M. da S.; CARVALHO, P.G.S. de. Respostas fisiológicas em variedades de feijão caupi submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 12, p. 14-19, 2014.
- FERRAZ, R.L.S.; MELO, A.S. de; SUASSUNA, J.F.; BRITO, M.E.B. de; FERNANDES, P.D.; NUNES JÚNIOR, E. da S. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, p. 181-188, 2012.
- FERREIRA, A.N.; RF, 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, p. 507-512, 2000.

- GOULART, M.M.P.; WALKER, R.; GONÇALVES, A.H.; COSTA, K.A. de P.; BRAZ, A.J.B.P. Crescimento vegetativo de cultivares de feijoeiro submetido a dois níveis de luminosidades. **Global Science and Technology**, v. 3, p. 31-39, 2010.
- HUNGRIA, M.; ANDRADE, D. de S.; CHUEIRE, L.M. de O.; PROBANZA, A.; GUTTIERREZ-MAÑERO, F.J.; MEGÍAS, M. Isolation and characterization of new efficient and competitive bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobia from Brazil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 32, p. 1515-1528, 2000.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **BDMEP: Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa**. Brasília: INMET, 2018. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em 20 dez. 2018.
- JAUER, A.; DUTRA, L.M.C.; ZABOT, L.; LUCCA FILHO, O.A.; LOSEKANN, M.E.; UHRY, D.; STEFANELO, C.; FARIAS, J.C.; LUDWIG, M.P. Análise de crescimento da cultivar de feijão pérola em quatro densidades de semeadura. **Revista da FZVA**, v. 10, p. 1-12, 2003.
- JADOSKI, S.O.; KLAR, A.E.; SALVADOR, E.D. Relações hídricas e fisiológicas em plantas de pimentão ao longo de um dia. **Ambiência**, v. 1, p. 11-19, 2005.
- OLIVEIRA, T.C. de; SILVA, J.; SALGADO, F.H.M.; SOUSA, S.A.; FIELIS, R.R. Eficiência e resposta à aplicação de fósforo em feijão comum em solos de cerrado. **Revista Verde**, v.7, p. 16, 2012.
- PELEGRIN, R. de; MERCANTE, F.M.; OTSUBO, I.M.N.; OTSUBO, A.A. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol.33, p. 219-226, 2009.
- PEREZ, A.R. **Co-inoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* em feijoeiro cultivado sob duas lâminas de irrigação: produção e qualidade fisiológica de sementes**. 2014. 71 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.
- RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V, V.H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. 306p.
- RIBEIRO, N.D.; DOMINGUES, L. da S.; ZEMOLIN, A.E.M. Avaliação dos componentes da produtividade de grãos em feijão de grãos especiais. **Científica**, v.42, p. 178–186, 2014.
- R STUDIO TEAM. **R Studio: Integrated Development for R**. R Studio, Inc., Boston, 2015. Disponível em: <http://www.rstudio.com/>. Acesso em: 22 nov. 2018.
- TEIXEIRA, G.C. da S.; STONE, L.F.; HEINEMANN, A.B. Eficiência do uso da radiação solar e índices morfofisiológicos em cultivares de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, p. 9-17, 2015.
- TEIXEIRA, N. T.; ZANETTI, M. Inoculante líquido na substituição da adubação nitrogenada na produção do feijoeiro. **Ecossistema**, Brasília, DF, 2007. Disponível em: <http://ferramentas.unipinha.edu.br/ecossistema/viewarticle.php?id=121>. Acesso em: 14 set. 2018.
- SANTOS, E.R. dos; BORGES, P.R.S.; SIEBENEICHLER, S.C.; CERQUEIRA, A.P. de; PEREIRA, P.P. Crescimento e teores de pigmentos foliares em feijão caupi cultivado sob dois ambientes de luminosidade. **Revista Caatinga**, v. 24, p. 14-19, 2011.
- STEFAN, M.; MUNTEANU, N.; STOLERU, V.; MIHASAN, S.; HRITCU, L. Seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria enhances photosynthesis and yield of runner bean (*Phaseolus coccineus* L.). **Scientia Horticulturae**, 151, p. 22–29, 2013.
- SILVA, C.D.S.; SANTOS, P.A.A.; LIRA, G.M.S.; SANTANA, M.C. de; SILVA JÚNIOR, C.C. da. Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão caupi submetidas à deficiência hídrica. **Revista Caatinga**, v. 23, p. 7-13, 2010.

SILVA, F.G. da; DUTRA, W.F.; DUTRA, A.F.; OLIVEIRA, I.M. de; FILGUEIRAS, L.M.B.; MELO, A.S. de. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, p. 946–952, 2015.

SILVA, H.T. da; COSTA, A.L. **Caracterização botânica de espécies silvestres do gênero *Phaseolus L.* (Leguminosae)**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 40p. (Documentos, Embrapa Arroz e Feijão, 156).

VIANA, M.C.M.; ALVARENGA, R.C.; MASCARENHAS, M.H.T.; MCEDO, G.A.R.; SILVA, E.A.; SILVA, K.T. da; RIBEIRO, P.C. de O. Consorciação de culturas com o eucalipto no Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24, 2012, Águas de Lindóia. **Anais**. Águas de Lindóia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012. p. 2236-2242.

VINCENSI, M.M.; ARAÚJO, E. de O.; KIKUTI, H.; CAMACHO, M.A. Manejo do solo e adubação nitrogenada na supressão de plantas daninhas na cultura do feijão de inverno e irrigado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 758-764, 2011.