



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**DESEMPENHO DO FEIJOEIRO-COMUM
INOCULADO COM RIZÓBIO EM RESPOSTA A
DIFERENTES PLANTAS DE COBERTURA E
ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO**

ANA PAULA SANTOS OLIVEIRA

Orientador:
Dr. Enderson Petrônio de Brito Ferreira



Termo de Ciência e de Autorização para Disponibilizar as Teses e Dissertações Eletrônicas (TEDE) na Biblioteca Digital da UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás–UFG a disponibilizar gratuitamente através da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações – BDTD/UFG, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: ☒ Dissertação ☐ Tese

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

Autor(a):	Ana Paula Santos Oliveira		
CPF:	072.021.696-65	E-mail:	anapaula.oliveira@ifgoiano.edu.br
Seu e-mail pode ser disponibilizado na página? ☒ Sim ☐ Não			
Vínculo Empregatício do(a) Autor(a):	Servidor Público		
Agência de fomento:	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás	Sigla:	Fapeg
País:	Brasil	UF:	GO
CNPJ:	08.156.102/0001-02		
Título:	Desempenho do feijoeiro-comum inoculado com rizóbio em resposta a diferentes plantas de cobertura e épocas de dessecação.		
Palavras-chave:	Phaseolus vulgaris, fixação biológica de nitrogênio, plantio direto.		
Título em outra língua:	Common bean performance inoculated with rhizobia in response to different cover crops and drying times.		
Palavras-chave em outra língua:	Phaseolus vulgaris, biological nitrogen fixation, no tillage.		
Área de concentração:	Solo e Água		
Data defesa:	01/03/2016		
Programa de Pós-Graduação:	Programa de Pós-Graduação em Agronomia		
Orientador(a):	Dr. Enderson Petrônio de Brito Ferreira		
CPF:	693.429.465-34	E-mail:	enderson.ferreira@embrapa.br
Co-orientador(a):	Dr. Cleiton Mateus Sousa		
CPF:	091.671.957-09	E-mail:	cleiton.sousa@ifgoiano.edu.br

3. Informações de acesso ao documento:

Liberação para disponibilização?¹ ☒ total ☐ parcial

Em caso de disponibilização parcial, assinale as permissões:

☐ Capítulos. Especifique: _____

☐ Outras restrições: _____

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF não-criptográfico da tese ou dissertação.

O Sistema da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações garante aos autores, que os arquivos contendo eletronicamente as teses e ou dissertações, antes de sua disponibilização, receberão procedimentos de segurança, criptografia (para não permitir cópia e extração de conteúdo, permitindo apenas impressão fraca) usando o padrão do Acrobat.

Nome - assinatura

Data, ____/____/____.

¹ Em caso de restrição, esta poderá ser mantida por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Todo resumo e metadados ficarão sempre disponibilizados.

ANA PAULA SANTOS OLIVEIRA

**DESEMPENHO DO FEIJOEIRO-COMUM INOCULADO COM RIZÓBIO EM
RESPOSTA A DIFERENTES PLANTAS DE COBERTURA E ÉPOCAS DE
DESSECAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração: Solo e Água.

Orientador:

Dr. Enderson Petrônio de Brito Ferreira

Co-orientador:

Dr. Cleiton Mateus Sousa

Goiânia, GO – Brasil

2016

Ficha catalográfica elaborada automaticamente
com os dados fornecidos pelo autor, sob orientação do Sibi/UFG

Oliveira, Ana Paula Santos

Desempenho do feijoeiro-comum inoculado com rizóbio em resposta
a diferentes plantas de cobertura e épocas de dessecação [manuscrito] /
Ana Paula Santos Oliveira. – 2016.

LXVI, 66 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Enderson Petrônio de Brito Ferreira; co
orientador Dr. Cleiton Mateus Sousa.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Escola de
Agronomia (EA), Programa de Pós-graduação em Agronomia, Goiânia,
2016.

Bibliografia.

Inclui siglas, mapas, fotografias, abreviaturas, gráfico, tabelas, lista de
figuras, lista de tabelas.

1. Phaseolus vulgaris. 2. Fixação biológica de nitrogênio. 3. Plantio
direto. I. Ferreira, Enderson Petrônio de Brito, orient. II. Sousa, Cleiton
Mateus, co-orient. III. Título.

ANA PAULA SANTOS OLIVEIRA

**DESEMPENHO DO FEIJOEIRO-COMUM INOCULADO COM RIZÓBIO EM
RESPOSTA A DIFERENTES PLANTAS DE COBERTURA E ÉPOCAS DE
DESSECAÇÃO**

Dissertação DEFENDIDA e APROVADA em 01 de março de 2016, pela Banca
Examinadora constituída pelos membros:

Dr. Enderson Petrônio de Brito Ferreira
Orientador – Embrapa Arroz e Feijão

Dr. Wilson Mozena Leandro
Membro – EA/ UFG

Dr. Adriano Moreira Knupp
Membro – Embrapa Arroz e Feijão

Goiânia – Goiás
Brasil

Aos meus pais, José e Edma, que me
mostraram o caminho da educação.

Ao meu irmão, Rafael, exemplo de
profissional da terra.

Ao meu esposo, Cleiton, meu
grande incentivador,

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, José e Edma, que estiveram presentes em todas as etapas da minha vida, me ensinando o caminho que eu deveria seguir e me permitindo decidir aonde eu queria chegar.

Ao meu esposo e co-orientador, Cleiton, que segurou na minha mão, compreendeu as minhas limitações e se fez presente como grandioso mestre e companheiro de vida.

Ao meu orientador, Enderson, por ter me dado uma chance, compreendido a minha situação e confiado na minha capacidade. Obrigada por ter me permitido ir muito além das fronteiras acadêmicas.

Ao Instituto Federal Goiano – Câmpus Ceres e à Embrapa Arroz e Feijão pela oportunidade de realização dessa dissertação.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) pela bolsa de mestrado.

Ao Laboratório de Solos do IF Goiano – Câmpus Ceres e aos Laboratórios de Biologia do Solo e Análise Agroambiental, da Embrapa Arroz e Feijão, pela disponibilidade de uso.

Aos professores da Escola de Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, por todo aprendizado.

Aos bolsistas de extensão e iniciação científica, Altamir, Fernanda, Leonardo, Marcos e Renato, pelo compromisso e dedicação.

Ao amigo, Marcos Paulo, pelo conhecimento compartilhado e por ter tornado as tarefas mais leves e divertidas.

Ao técnico da Embrapa Arroz e Feijão, Marcos Antônio, que não mediu esforços para me atender e estar sempre presente. Minha gratidão e respeito à esse profissional.

Aos demais funcionários e estagiários da Embrapa Arroz e Feijão, por terem unido forças e formado uma verdadeira equipe. Em especial, ao Wilson Luiz, Rodolfo Oliveira, Murilo Mesquita e Adriano Knupp, meu muito obrigada.

Ao amigo e servidor do Instituto Federal Goiano – Câmpus Ceres, Adão Lima, pela agilidade, empenho, comprometimento e disposição em ajudar. Obrigada por sua amizade e pelo serviço prestado.

Aos demais servidores, estudantes, estagiários e funcionários terceirizados que contribuíram para a realização desse trabalho.

Aos amigos, Frederico, Welington, Mariela e Ondina, pelas contribuições na dissertação.

Aos queridos, Deusimar, Simone e Marcela, pelas hospedagens, carinho e amizade.

À querida, Kássia Rabelo, pela amizade que tornou-se irmandade. Obrigada por ter contribuído para a concretização deste sonho.

À todas as colegas de estrada, que tornaram o trecho Ceres – Goiânia menos cansativo e as viagens mais divertidas.

Aos amigos, Denise, Kleyton, Jozane e Marcelo Almeida, por dividir as angústias e alegrias. Obrigada pelos auxílios e pela torcida.

À todos que estiveram envolvidos de alguma forma nesse trabalho para que obtivesse êxito.

À Deus, por tudo que sou e por ter colocado essas pessoas na minha vida.

Meu muito obrigada!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	7
LISTA DE FIGURAS	9
RESUMO	11
ABSTRACT	12
1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 CULTURA DO FEIJOEIRO-COMUM	15
2.2 CICLO DO NITROGÊNIO	16
2.3 NITROGÊNIO NA CULTURA DO FEIJOEIRO-COMUM	17
2.4 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO	18
2.5 SISTEMA DE PLANTIO DIRETO	20
2.6 CULTIVO DE FEIJOEIRO-COMUM EM PLANTIO DIRETO	22
3 MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO	24
3.2 INSTALAÇÃO DOS EXPERIMENTOS	26
3.3 IMPLANTAÇÃO E MANEJO DAS PLANTAS DE COBERTURA	28
3.4 IMPLANTAÇÃO DA CULTURA DO FEIJOEIRO-COMUM	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1 DESEMPENHO DE PLANTAS DE COBERTURA CULTIVADAS EM SANTO ANTÔNIO DE GOIÁS – GO EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE SEMEADURA	37
4.2 DESEMPENHO DE PLANTAS DE COBERTURA CULTIVADAS EM CERES – GO EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE SEMEADURA	42
4.3 EFEITO DE ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO DE PLANTAS DE COBERTURA NO DESEMPENHO DE FEIJOEIRO-COMUM EM SANTO ANTÔNIO DE GOIÁS – GO	45
4.4 EFEITO DE ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO DE PLANTAS DE COBERTURA NO DESEMPENHO DE FEIJOEIRO-COMUM EM CERES – GO	51
5 CONCLUSÕES	58
6 REFERÊNCIAS	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Atributos químicos do solo das áreas experimentais em Santo Antônio de Goiás –GO (Área 1) e Ceres-GO (Área 2)	26
Tabela 2.	Resumo da análise de variância com os valores de F para massa fresca, massa seca e nitrogênio total das plantas de cobertura e massa fresca e massa seca da vegetação espontânea. Santo Antônio de Goiás - GO, 2015	37
Tabela 3.	Massa fresca das plantas de cobertura (kg ha^{-1}) em função da época de semeadura. Santo Antônio de Goiás - GO, 2015	38
Tabela 4.	Massa seca das plantas de cobertura (kg ha^{-1}) em função da época de semeadura. Santo Antônio de Goiás - GO, 2015	39
Tabela 5.	Nitrogênio total em plantas de cobertura (kg ha^{-1}) em função da época de semeadura. Santo Antônio de Goiás - GO, 2015	40
Tabela 6.	Massa fresca e massa seca da vegetação espontânea em diferentes plantas de cobertura e épocas de semeadura (kg ha^{-1}). Santo Antônio de Goiás - GO, 2015	41
Tabela 7.	Resumo da análise de variância com os valores de F para massa fresca, massa seca e nitrogênio total das plantas de cobertura e massa fresca e massa seca da vegetação espontânea. Ceres - GO, 2015	42
Tabela 8.	Massa fresca, massa seca (kg ha^{-1}) e nitrogênio total (kg ha^{-1}) das plantas de cobertura e épocas de semeadura. Ceres - GO, 2015	43
Tabela 9.	Massa fresca da vegetação espontânea em diferentes plantas de cobertura e épocas de semeadura (kg ha^{-1}). Ceres - GO, 2015	44
Tabela 10.	Massa seca da vegetação espontânea em diferentes plantas de cobertura e épocas de semeadura (kg ha^{-1}). Ceres - GO, 2015	44
Tabela 11.	Resumo da análise de variância com os valores de F para o teor de clorofila (TC), número de nódulos (NN), massa fresca da parte aérea (MF), massa seca da parte aérea (MS), massa seca de raiz (MSR), massa seca de nódulos (MSN), nitrogênio total (NT), número de vagens (NV), número de grãos (NG), massa de 100 grãos (M100) e produtividade (PROD) do feijoeiro-comum. Santo Antônio de Goiás - GO, 2015	46
Tabela 12.	Teor de clorofila (unidade SPAD), número de nódulos (unidades planta^{-1}) e massa seca da parte aérea (g planta^{-1}) do feijoeiro-comum com e sem inoculação. Santo Antônio de Goiás - GO, 2015	47

Tabela 13.	Coefficientes de correlação simples (r) entre as variáveis analisadas, teor de clorofila (TC), número de nódulos (NN), massa fresca da parte aérea (MF), massa seca da parte aérea (MS), massa seca de raiz (MSR), massa seca de nódulos (MSN), nitrogênio total (NT), número de vagens (NV), número de grãos (NG), massa de 100 grãos (MC) e produtividade (PRO) do feijoeiro-comum. Santo Antônio de Goiás - GO, 2015	50
Tabela 14.	Resumo da análise de variância dos contrastes com os valores de F para produtividade do feijoeiro-comum. Santo Antônio de Goiás - GO, 2015	51
Tabela 15.	Resumo da análise de variância com valores de F para teor de clorofila (TC), número de nódulos (NN), massa fresca da parte aérea (MF), massa seca da parte aérea (MS), massa seca de raiz (MSR), massa seca de nódulos (MSN) e nitrogênio total (NT) do feijoeiro-comum. Ceres - GO, 2015	52
Tabela 16.	Número de nódulos (unidades planta ⁻¹), massa fresca da parte aérea (g planta ⁻¹), massa seca de raiz (g planta ⁻¹) e massa seca de nódulos (mg planta ⁻¹) do feijoeiro-comum com e sem inoculação. Ceres - GO, 2015	52
Tabela 17.	Coefficientes de correlação simples (r) entre as variáveis analisadas, teor de clorofila (TC), número de nódulos (NN), massa fresca da parte aérea (MF), massa seca da parte aérea (MS), massa seca de raiz (MSR), massa seca de nódulos (MSN) e nitrogênio total (NT) do feijoeiro-comum. Ceres - GO, 2015	56
Tabela 18.	Resumo da análise de variância dos contrastes com os valores de F para número de nódulos e massa fresca da parte aérea do feijoeiro-comum. Ceres - GO, 2015	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Ciclo do nitrogênio envolvendo solo, planta e atmosfera (Hopkins, 1995, modificado)	17
Figura 2.	Estágios dos processos de iniciação e desenvolvimento de nódulos em raízes de leguminosas (Cnidus, 2009, modificado)	19
Figura 3.	Área 1 localizada na Embrapa Arroz e Feijão. Santo Antônio de Goiás – GO, 2015 (Google Maps, 2015)	24
Figura 4.	Área 2 localizada no Instituto Federal Goiano - Câmpus Ceres. Ceres - GO, 2015 (Google Maps, 2015)	24
Figura 5.	Precipitação e temperaturas máxima e mínima registradas durante a condução do experimento na Área 1. Santo Antônio de Goiás - GO, 2015 (Dados da Estação Meteorológica da Embrapa Arroz e Feijão, 2015)	25
Figura 6.	Precipitação e temperaturas máxima e mínima registradas durante a condução do experimento na Área 2. Ceres - GO, 2015 (Dados da Estação Meteorológica do IF Goiano – Câmpus Ceres, 2015)	25
Figura 7.	Fotoperíodo registrado durante a condução dos experimentos, no período de abril a outubro de 2015, em função da latitude dos locais. (Dados da Estação Meteorológica da Embrapa Arroz e Feijão e do IF Goiano – Câmpus Ceres, 2015)	26
Figura 8.	Solo preparado convencionalmente para implantação do experimento na Área 2. Ceres - GO (Arquivo pessoal, 2015)	27
Figura 9.	Braquiária ruziziensis, braquiária brizanta, crotalária e milheto, respectivamente, aos 45 DAE na Área 1. Santo Antônio de Goiás - GO (Arquivo pessoal, 2015)	29
Figura 10.	Vegetação espontânea das Áreas 1 e 2, respectivamente. Santo Antônio de Goiás - GO; Ceres - GO, 2015 (Arquivo pessoal, 2015)	29
Figura 11.	Plantas de braquiária brizanta separadas da vegetação espontânea para pesagem e secagem do material vegetal em estufa na Área 1. Santo Antônio de Goiás – GO, 2015 (Arquivo pessoal, 2015)	30
Figura 12.	Plantas de cobertura com 18 dias após a dessecação na Área 1. Santo Antônio de Goiás - GO, 2015 (Arquivo pessoal, 2015)	31
Figura 13.	Sementes de feijão-comum, açúcar, água e inoculante para o preparo da inoculação na Área 2. Ceres - GO, 2015 (Arquivo pessoal, 2015)	31
Figura 14.	Semeadura mecânica de feijão-comum nas Áreas 1 e 2, respectivamente. Santo Antônio de Goiás - GO; Ceres - GO, 2015	

	(Arquivo pessoal, 2015)	32
Figura 15.	Irrigação do feijoeiro-comum na Área 1 através de pivô central. Santo Antônio de Goiás - GO, 2015 (Arquivo pessoal, 2015)	33
Figura 16.	Leitura indireta de clorofila na primeira folha completamente desenvolvida do feijoeiro-comum no estádio R5 - início da floração na Área 1. Santo Antônio de Goiás - GO, 2015 (Arquivo pessoal, 2015)	33
Figura 17.	Coleta das plantas de feijoeiro-comum no estádio R5 – início da floração, com auxílio de uma pá reta para retirada das raízes na Área 1. Santo Antônio de Goiás - GO, 2015 (Arquivo pessoal, 2015)	34
Figura 18.	Raízes de feijoeiro-comum com nódulos, lavadas em água corrente e mantidas em recipientes para secar ao ar livre na Área 2. Ceres - GO, 2015 (Arquivo pessoal, 2015)	35
Figura 19.	Parcelas com plantas de feijoeiro-comum no estádio R9 – maturação fisiológica na Área 1. Santo Antônio de Goiás - GO, 2015 (Arquivo pessoal, 2015)	35
Figura 20.	Retirada e contagem manual do número de vagens, separação e limpeza manual dos grãos e contagem automática do número de grãos em 10 plantas de feijoeiro-comum na Área 1. Santo Antônio de Goiás - GO, 2015 (Arquivo pessoal, 2015)	36
Figura 21.	Trilha mecânica do feijoeiro-comum na área útil e obtenção do peso e umidade dos grãos na Área 1. Santo Antônio de Goiás - GO, 2015 (Arquivo pessoal, 2015)	36
Figura 22.	Número de nódulos do feijoeiro-comum cultivado em palhadas de diferentes plantas de cobertura. Santo Antônio de Goiás - GO, 2015	48
Figura 23.	Número de grãos por vagem de feijoeiro-comum cultivado em palhadas de diferentes plantas de cobertura. Santo Antônio de Goiás - GO, 2015	49
Figura 24.	Produtividade de feijoeiro-comum cultivado em palhadas de diferentes plantas de cobertura. Santo Antônio de Goiás - GO, 2015	49
Figura 25.	Teor de clorofila do feijoeiro-comum cultivado em palhadas de diferentes plantas de cobertura. Ceres - GO, 2015	53
Figura 26.	Número de nódulos do feijoeiro-comum cultivado em palhadas de diferentes plantas de cobertura. Ceres - GO, 2015	54
Figura 27.	Massa seca de nódulos do feijoeiro-comum cultivado em palhadas de diferentes plantas de cobertura. Ceres - GO, 2015	55

RESUMO

OLIVEIRA, A. P. S. **Desempenho do feijoeiro-comum inoculado com rizóbio em resposta a diferentes plantas de cobertura e épocas de dessecação**. 2016. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Solo e Água) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.¹

O feijoeiro-comum requer altos níveis de nitrogênio para alcançar elevadas produtividades. O cultivo em plantio direto e o uso de bactérias na inoculação das sementes contribuem com o aporte de nitrogênio que beneficiam o rendimento de grãos. Com o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes plantas de cobertura e épocas de dessecação no desempenho agrônômico do feijoeiro-comum inoculado com rizóbio, foram conduzidos dois experimentos de campo, na safra de inverno, em Santo Antônio de Goiás – GO e Ceres – GO. Os experimentos foram implantados em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições, em esquema fatorial de parcelas sub subdivididas 5 x 4 x 2 + 4, sendo cinco plantas de cobertura, quatro épocas de dessecação, dois tratamentos das sementes de feijão-comum e quatro testemunhas. Os experimentos foram realizados em duas etapas. A primeira, com a implantação e manejo das plantas de cobertura e, a segunda, com a semeadura, manejo e colheita do feijoeiro-comum. As variáveis analisadas nas plantas de cobertura foram massa fresca, massa seca e N-total. No feijoeiro-comum avaliou-se número de nódulos, massa seca de nódulos, massa fresca e seca da parte aérea, massa seca de raiz e os componentes de rendimento. Os resultados mostraram que o plantio tardio das plantas de cobertura não favoreceu o recobrimento do solo. As plantas de cobertura e a inoculação influenciaram o desempenho agrônômico de feijoeiro-comum. O feijão-comum inoculado com rizóbio apresentou melhor desempenho. O cultivo em plantio direto sobre a palhada de gramíneas destacou-se em relação ao uso de leguminosa.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, fixação biológica de nitrogênio, plantio direto.

¹Orientador: Dr. Enderson Petrônio de Brito Ferreira. EA-UFG.

Co-orientador: Dr. Cleiton Mateus Sousa. IF Goiano-Câmpus Ceres.

ABSTRACT

OLIVEIRA, A. P. S. **Common bean performance inoculated with rhizobia in response to different cover crops and drying times**. 2016. 66 f. Dissertation (Master in Agronomy – Soil and Water) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.²

The common bean requires high levels of nitrogen to achieve high productivity. The cultivation under no tillage and the use of bacteria in seed inoculation contribute to the nitrogen contribution benefiting the grain yield. Aiming to evaluate the effects of different plant coverage and drying times of the agronomic performance of common bean inoculated with rhizobia were conducted two field experiments in winter crop in Santo Antônio de Goiás - GO and Ceres - GO . The experiments were implemented in design of randomized blocks with four replications, in a factorial design with sub split plot 5 x 4 x 2 + 4, five plants cover, four seasons of desiccation, two treatments of common bean seeds and four witnesses. The experiments were conducted in two stages. The first, with the implementation and management of cover crops, and the second, with seeding, management and harvesting of common bean. The variables analyzed in cover crops were fresh weight, dry weight and total-N. The common bean we evaluated the number of nodules, dry mass of nodules, fresh weight and shoot dry, root dry weight and yield components. The results showed that late planting of cover crops did not favor the covering soil. The plant cover and inoculation influenced the agronomic performance of common bean. The beans inoculated with rhizobia performed better. Cultivation in no-till on straw grass stood out regarding the use of legumes.

Key words: Phaseolus vulgaris, biological nitrogen fixation, no tillage.

²Adviser: Dr. Enderson Petrônio de Brito Ferreira. EA-UFG.

Co-adviser: Dr. Cleiton Mateus Sousa. IF Goiano-Câmpus Ceres.

1 INTRODUÇÃO

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma espécie de grande importância na economia brasileira. É integrante fundamental da dieta da população, devido seu alto valor nutritivo. A leguminosa é reconhecida por ser excelente fonte de proteína, além de conter carboidratos e minerais (Binotti et al., 2009).

A importância do consumo de leguminosas ao redor do mundo, principalmente o feijão, fez com que a ONU (Organização das Nações Unidas) declarasse o ano de 2016 como o Ano Internacional das Leguminosas (IYOP – International Year of Pulses). A ação cria a oportunidade de compreender os desafios enfrentados pelos produtores e elevar os patamares de consumo desses grãos (Embrapa, 2015a).

O Brasil está entre os maiores produtores e consumidores de feijão-comum do mundo. Na safra 2014/15 foram produzidas 3,2 milhões de toneladas em uma área de 3,0 milhões de hectares, o que resultou em uma produtividade média de 1.050 kg ha⁻¹ (Conab, 2015).

Atualmente, essa produção provém de pequenos e grandes agricultores de todas as regiões brasileiras com diversificados sistemas de cultivo. Porém, apenas 20% da produção dos grãos são provenientes de sistemas tecnificados, que podem alcançar produtividades de até 3.500 kg ha⁻¹ (Embrapa, 2015b). O desenvolvimento e a disponibilização de novas tecnologias aos agricultores pode diminuir a fragilidade agrônômica da maioria das lavouras.

Um dos principais gargalos relativos à produtividade do feijoeiro-comum está associado ao nitrogênio, que é o elemento mais absorvido e exportado pela cultura. Dessa forma, o uso de fertilizantes nitrogenados tem influência significativa, podendo limitar a produção. No entanto, os gastos com estes fertilizantes e as perdas no solo, faz com que seja necessária à busca de alternativas que possam substituir sua eficiência (Silva et al., 2006).

Uma alternativa à adubação nitrogenada é o uso de bactérias fixadoras de nitrogênio na inoculação de sementes de feijão-comum que desenvolvem associações simbióticas capazes de fornecer nitrogênio à planta através da fixação biológica de nitrogênio.

Essa propriedade de fixar nitrogênio da atmosfera pode suprir a demanda da cultura e beneficiar a produção do feijoeiro-comum de forma eficiente e barata (Stralio et al., 2002).

Associado a esta alternativa e como forma de aumentar a eficiência na substituição dos fertilizantes nitrogenados, a adubação verde também apresenta muitos benefícios ao ambiente agrícola. A reciclagem de nutrientes, o acúmulo de matéria orgânica na superfície do solo e o aporte de nitrogênio por meio da fixação biológica, principalmente pelas leguminosas, são alguns desses benefícios (Wutke et al., 2009). O emprego de gramíneas também pode amenizar a perda de nitrogênio, por meio da absorção e imobilização do nutriente em sua biomassa (Silva et al., 2008).

No entanto, devido às variações de clima e solo, a escolha adequada das plantas formadoras da palhada, bem como o seu manejo, têm sido o grande entrave para obter-se êxito em diferentes regiões do Brasil (Kluthcouski et al., 2000). Para garantir o efeito benéfico do cultivo de feijoeiro-comum inoculado em plantio direto, torna-se importante conhecer o manejo adequado das plantas de cobertura, para que o uso de herbicidas não interfira na microbiota do solo e na eficiência da simbiose radicular. De acordo com Ferreira et al. (2011), a escolha do manejo adequado das plantas de cobertura e do solo é fator imprescindível para o sucesso do uso dessas plantas como fornecedoras de nutrientes para a cultura do feijoeiro-comum.

Diante deste cenário e visando a eficiência da fixação biológica de nitrogênio no feijoeiro-comum cultivado em plantio direto, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos de plantas de cobertura e épocas de dessecação no desempenho agrônomo da cultura, submetida à inoculação com rizóbio, como uma forma de incrementar a produtividade e reduzir os custos e os impactos ambientais causados pelo uso de fertilizantes nitrogenados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CULTURA DO FEIJOEIRO-COMUM

O feijão tem uma ampla variedade de espécies, sendo que a mais cultivada no mundo dentro do gênero *Phaseolus* é o feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.). O Brasil está entre os seis principais países produtores, porém a produção interna ainda não é suficiente para abastecer o mercado (Conab, 2015).

Apesar da produção interna não atender todo o mercado brasileiro, o consumo alimentar de feijão da população tendeu a reduzir nos últimos anos, devido, principalmente, à mudança nos hábitos alimentares e à preferência dos brasileiros por produtos de preparo rápido. Porém, a dieta tradicional à base de arroz e feijão fortalece significativamente a segurança alimentar e nutricional dos consumidores de baixa renda, pois o feijão é um alimento rico em proteínas, fibras, carboidratos, vitaminas e micronutrientes (CIAT, 2015).

O feijão lidera como uma das principais fontes proteicas na dieta humana e nos dias atuais apresenta um consumo per capita estimado em 15 kg habitante⁻¹ ano⁻¹. Na safra brasileira 2014/15 foram produzidos 3,2 milhões de toneladas de grãos em uma área plantada de 3,0 milhões de hectares. A produtividade média aumentou 36% nos últimos 10 anos e nesta última safra atingiu 1.050 kg ha⁻¹ (Conab, 2015).

Esta produção de feijão-comum é realizada por produtores de diversos perfis que utilizam diferentes níveis tecnológicos e é estendida a todas as regiões do país. Considerada uma cultura de subsistência em pequenas propriedades, a agricultura familiar representa 80% da produção nacional e é apontada como a grande responsável pela produção de feijão no país e, normalmente, é explorada sem a utilização de tecnologias (Silva & Wander, 2014).

A região Centro-Oeste é responsável por 25,3% da produção brasileira e o estado de Goiás é o quarto maior produtor nacional. O estado destaca-se na produção das três safras, porém a 3ª safra é a mais produtiva. O estado de Goiás contribui com 13% da produção nacional de feijão de inverno (Conab, 2015). A importância socioeconômica da cultura do feijão para o Brasil apresenta um grande potencial de expansão em área plantada, em avanços nas tecnologias de manejo e, conseqüentemente, na produção (Avaci et al., 2010).

A necessidade de se importar feijão para suprir a demanda de consumo está associada aos níveis de rendimento da cultura que ainda estão muito abaixo do potencial genético das cultivares. Isso pode ser decorrente da pouca tecnologia empregada por pequenos agricultores, em sua maioria, descapitalizados (Aidar & Kluthcouski, 2004).

Já as grandes culturas, como a soja, tem crescido nas últimas décadas e o aumento da produtividade está associado aos avanços tecnológicos, ao manejo da cultura e a eficiência dos produtores (MAPA, 2014). Enquanto que, para a cultura do feijão, os avanços ainda não possibilitaram um incremento da produtividade para que a produção no Brasil seja autossuficiente.

O grande gargalo para mudar este quadro é o desenvolvimento de tecnologias que possam ampliar o cultivo, mesmo em solos pobres e em condições edafoclimáticas não favoráveis. A disponibilidade destas tecnologias aos produtores rurais tornaria possível o aumento da produtividade do feijoeiro e a redução dos custos no sistema de produção.

2.2 CICLO DO NITROGÊNIO

Cerca de 78% do nitrogênio encontra-se na atmosfera sob a forma de gás (N_2). Nessa forma, o nitrogênio é inerte e poucos seres vivos têm capacidade de absorvê-lo.

O nitrogênio (N) é um nutriente essencial e mais exigido quantitativamente pela maioria das plantas. Está relacionado, fisiologicamente, ao metabolismo vegetal das plantas, tais como fotossíntese, respiração, crescimento, como a produção de folhas, flores e frutos. Assim, a deficiência de N inibe rapidamente o crescimento das plantas (Kerbaudy, 2008).

Este elemento circula através da atmosfera, das plantas e do solo pela ação de organismos vivos através do processo denominado ciclo do nitrogênio (Figura 1). Esse ciclo acontece através de vários processos como: fixação (biológica, atmosférica e industrial), assimilação, mineralização, nitrificação, desnitrificação e eutrofização (Motta, 2011).

Em muitos sistemas de produção, a disponibilidade de nitrogênio é quase sempre fator limitante, influenciando o crescimento da planta mais do que qualquer outro nutriente. Isto porque o N está presente na composição das mais importantes biomoléculas, como: ATP, NADH, NADPH, clorofila, proteínas e inúmeras enzimas. Devido a tamanha importância e a alta mobilidade no solo, o nitrogênio tem sido intensamente estudado, no sentido de maximizar a eficiência do seu uso. Para tanto, tem-se procurado diminuir as

perdas do nitrogênio no solo, bem como melhorar a absorção e a metabolização do N no interior da planta (Bredemeier & Mundstock, 2000).

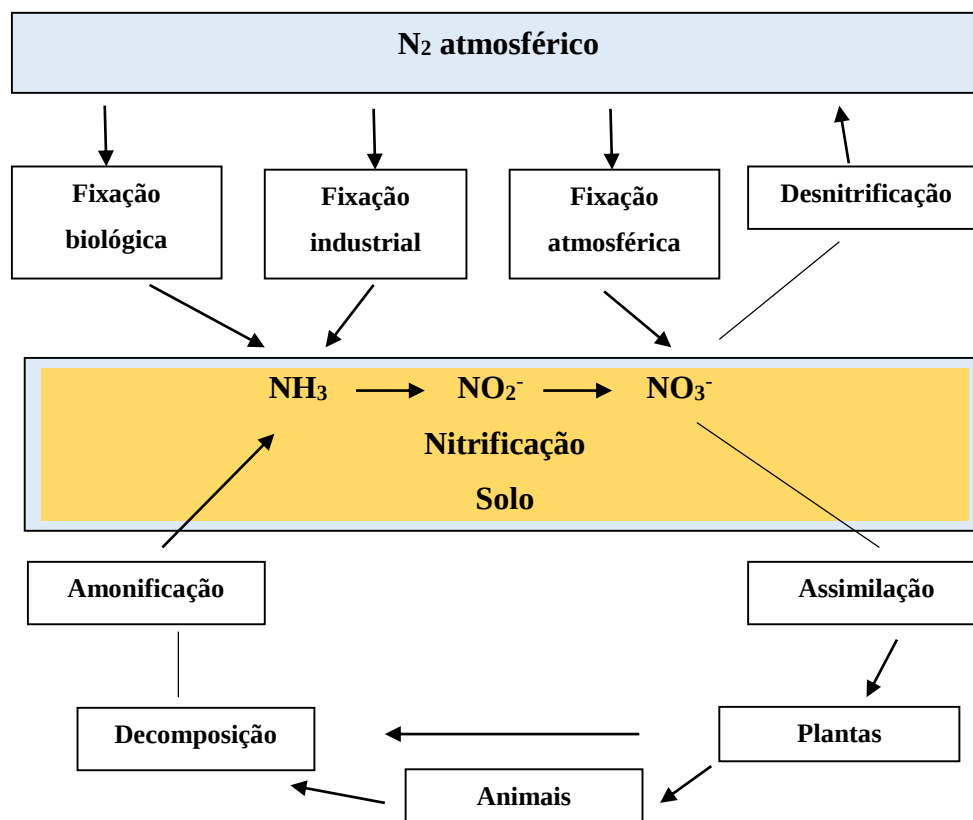


Figura 1. Ciclo do nitrogênio envolvendo solo, planta e atmosfera (Hopkins, 1995, modificado).

2.3 NITROGÊNIO NA CULTURA DO FEIJOEIRO-COMUM

O feijoeiro-comum é considerado uma planta exigente em nutrientes devido seu sistema radicular superficial e o ciclo curto da cultura. Dentre estes nutrientes, o nitrogênio é determinante no rendimentos de grãos (Moreira et. al, 2013).

Por ser um elemento muito instável no solo, torna-se passível de inúmeras possibilidades de perdas. É também o nutriente mais absorvido e exportado pela maioria das culturas anuais, onde cerca de 50% do N total absorvido é exportado pelos grãos e o restante permanece no solo na forma de resíduos culturais (Kluthcouski et al., 2004).

Nos solos brasileiros, o teor de N disponível não é suficiente para alcançar elevadas produtividades e, dessa forma, a adubação mineral tem sido a prática mais utilizada pelos agricultores para repor o nutriente. Porém, a obtenção de adubos nitrogenados requer

alto custo energético, pois envolve elevadas temperaturas e pressão (Mota, 2013). Além disso, o processo industrial de produção dos fertilizantes nitrogenados demanda o uso de combustíveis fósseis, não renováveis, que podem tornar-se poluentes da atmosfera e de águas superficiais e subterrâneas (Cantarella, 2007).

Em busca de uma agricultura intensiva e do aumento da produtividade, os patamares de consumo do nutriente se elevam a cada ano. Segundo dados da ANDA (2015), no Brasil foram entregues ao consumidor final, em 2014, mais de 32 milhões de toneladas de fertilizantes, tornando o país o quarto maior consumidor mundial.

Devido à alta demanda de N pela cultura do feijoeiro-comum, os agricultores ainda receiam adotar tecnologias que visem um sistema agrícola, ambientalmente sustentável, que permitam o uso intensivo da terra com menor impacto ambiental. Entre estas tecnologias, destaca-se a fixação biológica de nitrogênio que pode substituir, ainda que parcialmente, a adubação química nitrogenada, visando o aumento da produtividade aliado à redução dos custos de produção e a preservação do ambiente agrícola (Stralio et al., 2002).

Com a fixação biológica de nitrogênio busca-se suprir a demanda de N pela cultura do feijoeiro-comum, assim como já acontece na soja, planta da mesma família, que em seu cultivo economiza em torno de sete bilhões de dólares por safra no Brasil (Hungria et al., 2007).

Para a produção do feijoeiro estima-se que são necessários cerca de 40 kg de N para cada 1.000 kg de grãos produzidos. Considerando a baixa eficiência de sua utilização pelas plantas, que é em torno de 50%, o agricultor deve utilizar 80 kg de N para obter tal produção. Além de elevar o custo, metade do fertilizante será perdido pelos processos de lixiviação e volatilização (Ambrosano et al., 1996; Hungria et al., 2007).

A vantagem do processo de fixação biológica de nitrogênio é favorecer o aumento da produtividade com a melhor relação custo/benefício e ainda contribuir para um sistema sustentável de produção.

2.4 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO

Uma alternativa de uso do nitrogênio, eficiente e barata, tem sido estudada como forma de substituição da adubação nitrogenada. A fixação biológica de nitrogênio (FBN) é

um processo bioquímico realizado por bactérias diazotróficas para fornecer nitrogênio às plantas.

As bactérias do gênero *Rhizobium*, por exemplo, desenvolvem associações simbióticas nas raízes das leguminosas. No feijoeiro-comum, as bactérias das espécies *Rhizobium tropici* e *Rhizobium freirei*, adaptadas aos solos tropicais, resistentes a altas temperaturas, acidez do solo e altamente competitivas, são capaz de formar a maioria dos nódulos na planta (Rezende et al., 2012). Quando essas bactérias estão presentes no solo, naturalmente ou via inoculação, elas reconhecem e infectam as raízes da planta hospedeira, provocando a formação de nódulo onde ocorre a fixação do nitrogênio (Hungria, 1997).

Este processo inicia-se quando os pêlos radiculares eliminam exsudados específicos (flavonoides-antocianinas) para atrair as bactérias para as raízes que induzem a nodulação através do gene *nod* da bactéria. Os bacteroides realizam o processo de fixação do N_2 atmosférico e a reação é catalisada pela enzima nitrogenase (Figura 2). O NH_3 gerado pelos bacteroides a partir do N_2 é, então, assimilado pela planta (Taiz & Zeiger, 2013).

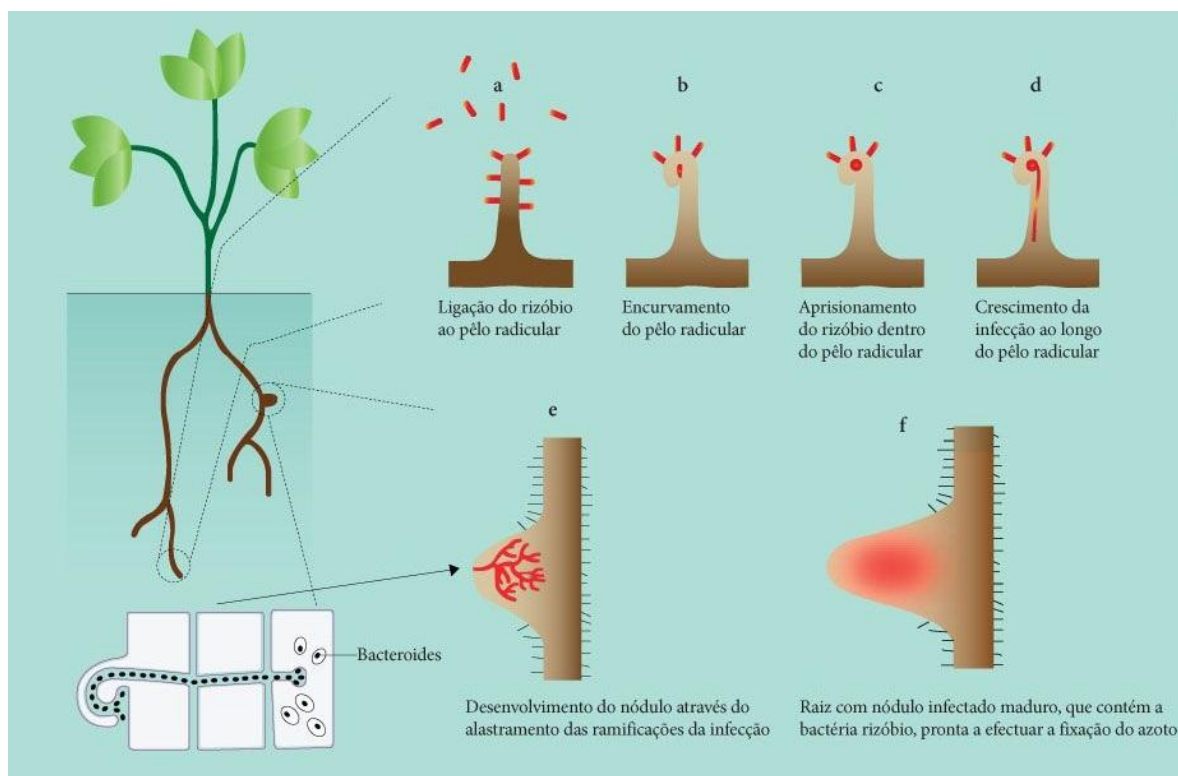


Figura 2. Estágios dos processos de iniciação e desenvolvimento de nódulos em raízes de leguminosas (Cnidus, 2009, modificado).

Através desse processo, a fixação biológica de nitrogênio pode suprir a demanda necessária ao crescimento e desenvolvimento do feijoeiro-comum. Mas, ainda há descrédito quanto aos benefícios da inoculação, o que se caracteriza por aplicações de altas doses de nitrogênio mineral (Fonseca et al., 2013).

O uso de bactérias na inoculação de sementes de feijão-comum é uma técnica difundida pela pesquisa, mas pouco utilizada pelos agricultores. Entretanto, o baixo poder aquisitivo da maioria dos produtores de feijão-comum, associado à baixa produtividade média, faz com que a utilização desta técnica de baixo custo seja uma excelente alternativa para o aumento da produtividade (Araújo et al., 2007).

Em uma pesquisa com feijoeiro-comum realizada em dois biomas brasileiros, Brito et al. (2015) encontraram resultados satisfatórios utilizando a FBN. De acordo com esses autores, o potencial de produtividade do feijoeiro-comum pode alcançar 2.500 kg ha^{-1} no bioma Cerrado e 3.000 kg ha^{-1} no bioma Mata Atlântica. Fageria et al. (2014) testaram 15 cultivares de feijoeiro-comum em área de cerrado e encontraram valores acima de 2.500 kg ha^{-1} utilizando somente a inoculação com rizóbio.

Estima-se que o uso da fixação biológica de nitrogênio, somente para a soja, resulte em uma economia anual em torno de sete bilhões de dólares para o Brasil, o qual importa 73% do fertilizante que consome. Considera-se ainda que a eficiência de utilização do nitrogênio mineral raramente excede 50%. Portanto, na ausência de simbiose, a qual forneceria modestamente 50 kg ha^{-1} de nitrogênio, seria necessário fornecer às plantas 100 kg ha^{-1} de nitrogênio mineral (Bliss, 1993; Hungria et al., 2007).

De acordo com estimativas de Filoso et al. (2006), no Brasil, a FBN contribui com $7,3 \times 10^8 \text{ t ano}^{-1}$ de N. Porém, o feijoeiro-comum, em contraste com outras leguminosas, apresenta baixa capacidade de fixação biológica de nitrogênio. As características da espécie hospedeira, a população nativa de rizóbios e os fatores bióticos e abióticos influenciam no estabelecimento e eficiência da simbiose (Alcantara et al., 2009; Rufini et al., 2011).

Atualmente, com exceção da soja, apenas 10% das áreas das culturas utilizam a inoculação. A prática da inoculação no feijoeiro-comum ainda requer pesquisas nos diversos tipos de solo, clima e manejo para que seja disseminada e tão eficiente quanto na cultura da soja (Embrapa, 2015c).

2.5 SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

A agricultura está entre as grandes intervenções do homem na natureza. Grandes áreas agrícolas foram intensamente exploradas em sistemas de produção que não visavam a conservação do solo. Atualmente, busca-se alternativas para amenizar este problema ambiental e, tornou-se comum, na maioria das propriedades brasileiras, o uso do sistema de plantio direto (SPD) (Silva et al., 2009).

O SPD vem sendo explorado, com grande destaque, entre os diversos sistemas de produção agrícola, pois preconiza o mínimo revolvimento do solo, a rotação ou sucessão de culturas e a formação de cobertura vegetal no solo ou palhada. A adoção deste sistema promove melhorias nas condições físicas, químicas e biológicas no solo, através da redução da erosão, aumento da biomassa microbiana, estocagem e ciclagem de nutrientes, incremento de matéria orgânica, diminuição da temperatura do solo, dentre outros (Kluthcouski et al., 2003; Silva et al., 2009).

A mineralização dos restos de culturas de cobertura promove a entrada de nutrientes no sistema e está diretamente relacionado ao fornecimento de nitrogênio à cultura de sucessão. Estima-se que 60% a 70% desse nutriente encontrado na biomassa vegetal seja reciclado e absorvido pelas plantas no cultivo seguinte (Hentz et al., 2014).

A eficiência do sistema de plantio direto está relacionada, entre outros fatores, com a presença de cobertura sobre o solo. A formação e manutenção da palhada tem sido um desafio em condições edafoclimáticas do cerrado brasileiro. Em regiões de cerrado, a maior dificuldade para se obter sucesso neste sistema de produção, está na formação e manutenção da palhada no solo em razão da alta taxa de decomposição desses resíduos vegetais devido às condições de clima tropical com estação seca no inverno (Pires et al., 2008; Kluthcouski et al., 2003).

A recomendação de espécies de plantas de cobertura do solo, principalmente leguminosas e gramíneas, depende da persistência de seus resíduos, após o manejo, o que influencia a manutenção da cobertura. As taxas de decomposição das plantas de cobertura dependem da natureza do material vegetal, do volume, do tipo de solo, do manejo da cobertura e das condições climáticas (Pires et al., 2008; Viola et al., 2013).

As leguminosas constituem uma das espécies mais utilizadas como plantas de cobertura. Essas plantas garantem contribuições consideráveis na viabilidade econômica e sustentabilidade dos sistemas de produção, pois são capazes de realizar a fixação biológica

de nitrogênio eficientemente. Essas plantas tem potencial de adição de N, sendo, também, importantes para o sequestro de carbono (C) no solo. Neste caso, ocorreria redução da necessidade da aplicação de nitrogênio sintético (Sisti et al., 2004; Boddey et al., 1997).

A palhada de leguminosas por serem ricas em nitrogênio possuem menor relação C/N e tendem a se decompor mais rapidamente. A liberação mais rápida de nutrientes da palhada de leguminosas contribui rapidamente com as necessidades da cultura, porém propicia ao solo pouca cobertura (Teixeira, 2010).

O emprego de plantas de cobertura não-leguminosas também apresenta algumas vantagens. O uso de gramíneas podem amenizar perdas de nitrogênio mediante a imobilização temporária desse nutriente em sua biomassa. Além disso, possuem maior relação C/N e tendem a se decompor mais lentamente. Devido a sua baixa taxa de decomposição, possuem melhor cobertura e proteção do solo (Andreola et al., 2000; Bortolini et al., 2000). Porém, no início da decomposição ocorre uma diminuição da disponibilidade de alguns nutrientes para a culturas na fase inicial (Teixeira, 2009).

As diferentes espécies de plantas de cobertura, além de diferirem na taxa de decomposição da palha depositada sobre o solo, também respondem de forma diferente ao fotoperíodo. De acordo com Alvarenga et al. (2001), constitui-se um grande desafio para o SPD na região do cerrado, o estabelecimento de plantas de cobertura semeadas em março ou abril, onde o clima é caracterizado por um inverno seco e fotoperíodo curto.

A época de semeadura das plantas de cobertura é fator importante para o desempenho das espécies de adubos verdes, afetando seu potencial de produção de massa seca e, conseqüentemente, a oferta de nutrientes. Apesar da importância da cobertura do solo, há pouca informação sobre os efeitos de diferentes épocas de plantio no acúmulo de biomassa e teor de N de diferentes plantas de cobertura na região do cerrado brasileiro (Ferreira et al. 2013). Além disso, carece também de informações quanto aos efeitos benéficos destas plantas para a cultura de sucessão.

2.6 CULTIVO DE FEIJOEIRO-COMUM EM PLANTIO DIRETO

O cultivo de feijoeiro-comum é realizado em diversificados sistemas de produção em três safras anuais. Na safra de inverno, a produção torna-se mais tecnificada, principalmente pelo uso da irrigação. A importância da terceira safra está, principalmente, na mudança do perfil do produtor e no retorno econômico (Silva & Wander, 2014).

Para contribuir com a produção do feijoeiro-comum que exige elevados níveis de nutrientes, o plantio direto vêm ganhando espaço no cenário atual. A prática conservacionista visa uma agricultura sustentável, produtiva e ambientalmente equilibrada. Este sistema de produção contribui para melhoria do solo e proporciona ganho na produtividade das culturas. (Kluthcouski et al., 2000; Faria & Franco, 2002).

O aumento da produtividade do feijoeiro-comum no plantio direto da terceira safra, além da maior disponibilidade de água, tem sido atribuída ao acúmulo de nutrientes na camada superficial e à maior atividade biológica. Fato que ocorre, devido à alta umidade e a baixa temperatura do solo, que contribui para a solubilização e a liberação de nutrientes, aumentando a eficiência da absorção pelas plantas (Stone & Silveira, 1999).

Stone & Silveira (1999) concluíram que em condições irrigadas, o sistema de plantio direto proporcionou maior produtividade do feijoeiro em relação ao preparo convencional do solo. Carvalho et al. (2007) relataram maior produtividade da cultura do feijoeiro-comum sob SPD. Ferreira et al. (2011) observaram que o SPD proporcionou ganho de cerca de 40% na produtividade de grãos da cultura do feijoeiro-comum em relação ao sistema de plantio convencional.

No cerrado, a adoção deste sistema apresenta os mais diversos benefícios, porém, sob as condições climáticas desse bioma, tem sido difícil a formação e a manutenção da palhada das plantas de cobertura sobre o solo (Kluthcouski et al., 2000). A escolha das plantas de cobertura é um dos fatores decisivos para o sucesso do SPD. É imprescindível o conhecimento sobre a adaptação das espécies à região e da habilidade em se desenvolver num ambiente menos favorável (Alvarenga et al., 2001).

Neste sentido, outro aspecto que deve ser avaliado é o intervalo de tempo entre a dessecação das plantas de cobertura e a semeadura do feijão. Normalmente, esse manejo é feito com o herbicida glifosato, e seu efeito sobre a cultura do feijoeiro-comum ainda é pouco conhecida. Além de interferir na decomposição da palhada e disponibilização de nutrientes, há a possibilidade dos resíduos do herbicida afetarem as associações simbióticas do feijoeiro-comum com as bactérias fixadoras de nitrogênio. O intervalo de tempo adequado entre a dessecação das plantas de cobertura e a implantação da cultura sucessora pode minimizar estes possíveis efeitos.

A produção de feijoeiro-comum, na safra outono/inverno, será ainda mais beneficiada pelo plantio direto, determinando estes fatores que possibilitem o aumento da produção, aliado à economia e à sustentabilidade do sistema produtivo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

Os experimentos foram conduzidos sob condição de campo, em áreas distintas, na safra de inverno. A Área 1 localizada na Embrapa Arroz e Feijão, município de Santo Antônio de Goiás, Goiás, Brasil, com coordenadas geográficas $16^{\circ}30'17.32''\text{S}$, $49^{\circ}17'16.52''\text{W}$ e 823 m de altitude (Figura 3). A Área 2 localizada no Instituto Federal Goiano – Câmpus Ceres, município de Ceres, Goiás, Brasil, com coordenadas geográficas $15^{\circ}21'18.65''\text{S}$, $49^{\circ}36'26.26''\text{W}$ e 600 m de altitude (Figura 4).



Figura 3. Área 1 localizada na Embrapa Arroz e Feijão. Santo Antônio de Goiás – GO, 2015 (Google Maps, 2015).



Figura 4. Área 2 localizada no Instituto Federal Goiano - Câmpus Ceres. Ceres - GO, 2015 (Google Maps, 2015).

O clima das regiões, conforme a classificação de Köppen é Aw, tropical de savana, megatérmico. O regime pluvial é bem definido, com período chuvoso de outubro a março e seco de abril a setembro, com precipitação média anual de 1460 mm na Área 1 e 1700 mm na Área 2. O solo da Área 1 é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico e da Área 2 como Latossolo Vermelho Escuro, ambos de textura argilosa.

As Figuras 5 e 6 apresentam os dados de precipitação e temperaturas máxima e mínima registradas durante a condução dos experimentos nas Áreas 1 e 2, respectivamente.

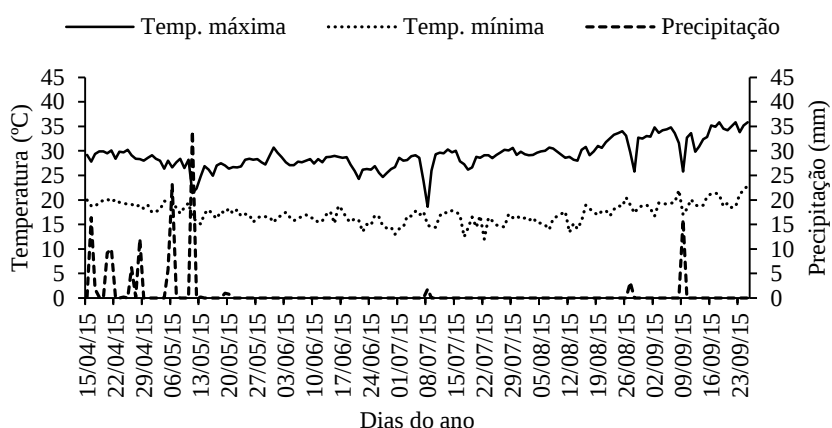


Figura 5. Precipitação e temperaturas máxima e mínima registradas durante a condução do experimento na Área 1. Santo Antônio de Goiás - GO, 2015 (Dados da Estação Meteorológica da Embrapa Arroz e Feijão, 2015).

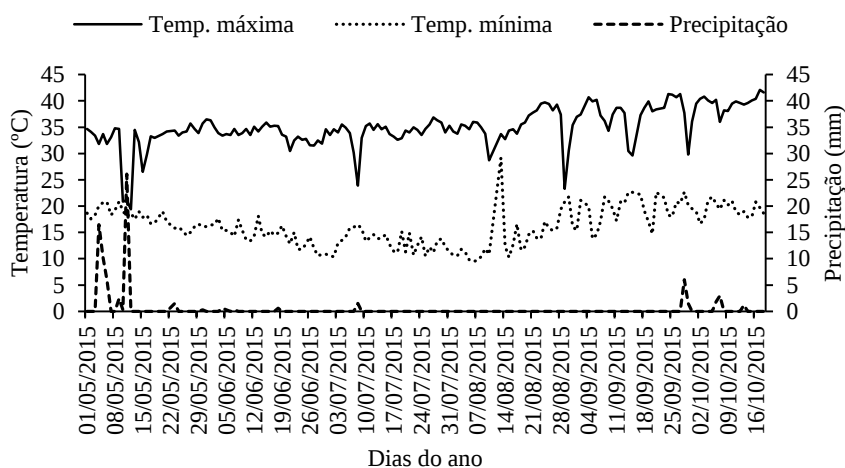


Figura 6. Precipitação e temperaturas máxima e mínima registradas durante a condução do experimento na Área 2. Ceres - GO, 2015 (Dados da Estação Meteorológica do IF Goiano – Câmpus Ceres, 2015).

Além das exigências hídricas e térmicas, a adaptação de algumas cultivares à determinadas regiões depende de sua exigência fotoperiódica. Na Figura 7 é apresentada a variação do fotoperíodo em função da latitude dos locais dos experimentos entre os meses de abril a outubro de 2015.

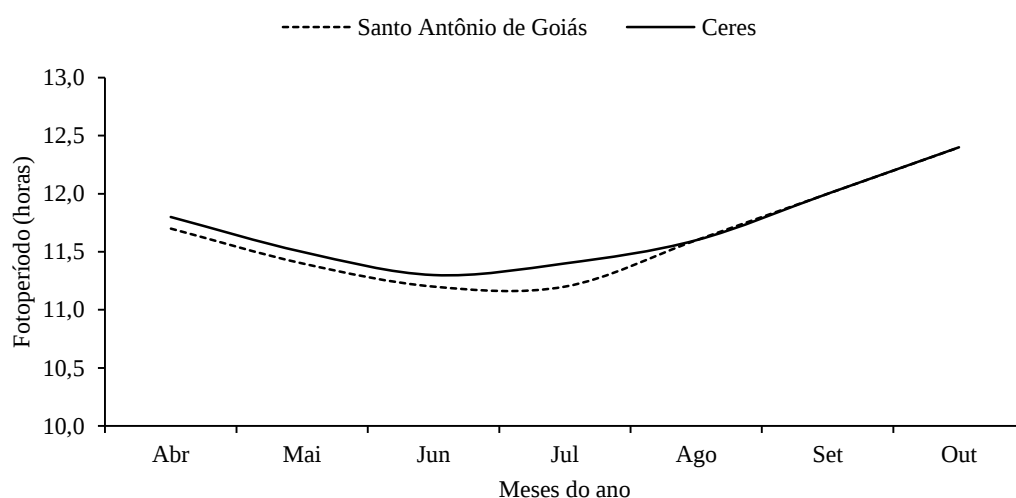


Figura 7. Fotoperíodo registrado durante a condução dos experimentos, no período de abril a outubro de 2015, em função da latitude dos locais. Santo Antônio de Goiás - GO; Ceres - GO, 2015 (Dados da Estação Meteorológica da Embrapa Arroz e Feijão e do IF Goiano – Câmpus Ceres, 2015).

As características químicas do solo de cada área, antes da instalação dos experimentos, estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Atributos químicos do solo das áreas experimentais em Santo Antônio de Goiás - GO (Área 1) e Ceres - GO (Área 2).

Áreas	pH	Ca	Mg	Al	H+Al	P	K	M.O
	H ₂ O	cmol _c dm ⁻³				mg dm ⁻³		g kg ⁻¹
Área 1	4,9	1,4	0,5	0,1	2,3	6,4	76,0	17,0
Área 2	5,6	3,9	1,9	0,0	1,8	50,0	220,0	22,0

3.2 INSTALAÇÃO DOS EXPERIMENTOS

Para a instalação dos experimentos, o solo foi preparado convencionalmente com uma aração e duas gradagens (Figura 8).



Figura 8. Solo preparado convencionalmente para implantação do experimento na Área 2. Ceres - GO (Arquivo pessoal, 2015).

Os experimentos foram realizados em duas etapas: a primeira com a implantação e manejo das plantas de cobertura, e a segunda com a semeadura, manejo e colheita do feijoeiro em plantio direto sobre a palhada das culturas antecessoras.

O delineamento experimental utilizado na primeira etapa foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, sendo os tratamentos dispostos em esquema fatorial 5 x 4. Os tratamentos foram constituídos de cinco plantas de cobertura e quatro épocas de semeadura.

O delineamento experimental utilizado na segunda etapa foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, sendo os tratamentos dispostos em esquema fatorial de parcelas sub subdivididas 5 x 4 x 2 + 4. Os tratamentos foram constituídos de cinco plantas de cobertura nas sub subparcelas, dois tratamentos das sementes de feijão nas subparcelas, quatro épocas de dessecação nas parcelas principais e quatro tratamentos adicionais.

As plantas de cobertura utilizadas foram: milheto (*Pennisetum americanum*), cv. BRS 1501 com 75% de germinação e 95% de pureza; crotalária (*Crotalaria juncea*), cv. IAC-KR1 com 60% de germinação e 98% de pureza; braquiária brizanta (*Brachiaria brizantha*), cv. BRS Piatã com valor cultural de 50%; braquiária ruziziensis (*Brachiaria ruziziensis*), cv. Ruziziensis com valor cultural de 70% e pousio (vegetação espontânea) utilizado como controle. As sementes foram adquiridas na Embrapa Arroz e Feijão.

As épocas de dessecação das plantas de cobertura foram realizadas na Área 1 aos 18, 11, 4 e 1 dia e, na Área 2, aos 22, 15, 8 e 1 dia antes da implantação da cultura do feijoeiro-comum.

As sementes de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) utilizadas foram da cultivar Pérola. A cultivar apresenta as seguintes características: grão tipo carioca, hábito de crescimento indeterminado (tipo II/III), porte semiereto a prostrado e ciclo normal de 85 a 95 dias.

Os tratamentos das sementes de feijão-comum foram realizados com inoculação e na ausência de inoculação. As sementes inoculadas foram tratadas com inoculante turfoso preparado no Laboratório de Biologia do Solo da Embrapa Arroz e Feijão composto pelas estirpes SEMIA 4077 (CIAT-899) e SEMIA 4088 de *Rhizobium tropici* e SEMIA 4080 de *Rhizobium freirei*, recomendadas como inoculantes comerciais para a cultura do feijoeiro-comum, em uma proporção 1:1:1 das estirpes de *Rhizobium*, contendo 10^9 células g^{-1} de turfa.

Os tratamentos utilizados como testemunha foram: uma testemunha inoculada na ausência de palhada e de adubação nitrogenada, uma testemunha sem inoculação na ausência de palhada e de adubação nitrogenada, uma testemunha inoculada na ausência de palhada e com adubação de 90 kg ha^{-1} de nitrogênio e uma testemunha sem inoculação na ausência de palhada e com adubação de 90 kg ha^{-1} de nitrogênio.

As parcelas experimentais sub subdivididas foram constituídas de dez linhas de seis metros de comprimento para implantação das plantas de cobertura e, as parcelas subdivididas para implantação do feijoeiro, foram constituídas de quatro linhas de seis metros de comprimento. Utilizou-se como área útil as duas linhas centrais, desprezando 0,50 m das extremidades de cada linha.

3.3 IMPLANTAÇÃO E MANEJO DAS PLANTAS DE COBERTURA

A implantação das plantas de cobertura foi realizada, semanalmente, em quatro épocas, sendo na Área 01 nos dias 15/04, 22/04, 29/04 e 06/05/15 e na Área 02 nos dias 01/05, 07/05, 14/05 e 21/05/15. O escalonamento da implantação das plantas de cobertura foi feito para garantir que na época de dessecação, as plantas estivessem no mesmo estágio de desenvolvimento.

A semeadura das plantas de cobertura foi realizada manualmente, sem adubação, em sulco de plantio, sendo utilizado uma população de 175 mil plantas por hectare para milheto e crotalária e 20 kg de sementes de braquiária por hectare. Na semeadura foi utilizado o espaçamento entre linhas de 0,50 m para todas as espécies.

Durante o cultivo foram realizados tratos fitossanitários e as culturas foram irrigadas através de pivô central de acordo com a necessidade hídrica.

Quando as plantas atingiram, aproximadamente, 45 dias após a emergência (DAE) (Figura 9), fez-se amostragem ao acaso em cada parcela para avaliação de matéria fresca, matéria seca e teor de nitrogênio. No mesmo dia, também foi realizado o levantamento da vegetação espontânea que se desenvolveu nas parcelas (Figura 10).



Figura 9. Braquiária ruziziensis, braquiária brizanta, crotalária e milheto, respectivamente, aos 45 DAE na Área 1. Santo Antônio de Goiás - GO (Arquivo pessoal, 2015).



Figura 10. Vegetação espontânea das Áreas 1 e 2, respectivamente. Santo Antônio de Goiás - GO; Ceres - GO, 2015 (Arquivo pessoal, 2015).

Foram coletadas cinco plantas de cada parcela para os tratamentos com crotalária e milho e, para os tratamentos com braquiária e pousio foram coletadas amostras com auxílio de um quadrado metálico de 1,0 x 1,0 m, lançado aleatoriamente, cortando-se a parte aérea rente ao solo contida na área delimitada, segundo metodologia proposta por Braun-Blanquet, 1979).

O material vegetal foi separado em plantas de cobertura e vegetação espontânea, pesado, para determinação de matéria fresca e, levado para secar em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até atingir peso constante para estimativa da produção de matéria seca (Figura 11). Posteriormente, o material foi moído e encaminhado para análise de nitrogênio de acordo com a metodologia proposta Malavolta et al. (1997). O nitrogênio acumulado, em kg ha⁻¹, foi estimado a partir do teor do nutriente presente em cada amostra e multiplicado pela massa da matéria seca estimada em t ha⁻¹.



Figura 11. Plantas de braquiária brizanta separadas da vegetação espontânea para pesagem e secagem do material vegetal em estufa na Área 1. Santo Antônio de Goiás – GO, 2015 (Arquivo pessoal, 2015).

Após a coleta para determinação da biomassa, foi realizada a dessecação das plantas de cobertura na Área 1 nos dias 01/06, 08/06, 15/06 e 18/06/15 e na Área 2 nos dias 11/06, 18/06, 25/06 e 02/07/15. As plantas foram dessecadas utilizando o herbicida glifosato na dose de 5 L ha⁻¹, com a aplicação sendo feita através de bomba costal (Figura 12).



Figura 12. Plantas de cobertura com 18 dias após a dessecação na Área 1. Santo Antônio de Goiás – GO, 2015 (Arquivo pessoal, 2015).

3.4 IMPLANTAÇÃO DA CULTURA DO FEIJOEIRO-COMUM

As parcelas experimentais foram subdivididas para a semeadura do feijão-comum com e sem inoculação, sendo compostas por quatro linhas de seis metros de comprimento cada.

Nas sementes com inoculação foi utilizado o inoculante turfoso que contém estirpes de *Rhizobium tropici* e *Rhizobium freirei*, na proporção de 10 g kg⁻¹ de semente. A inoculação foi realizada após a imersão das sementes em 100 ml de solução açucarada 10% (p/v), na proporção de 20 mL kg⁻¹, misturando-se as sementes ao inoculante em um saco plástico (Figura 13). A inoculação das sementes foi feita à sombra e a semeadura no mesmo dia, utilizando-se uma semeadora adubadora.



Figura 13. Sementes de feijão-comum, açúcar, água e inoculante para o preparo da inoculação na Área 2. Ceres - GO, 2015 (Arquivo pessoal, 2015).

A semeadura do feijoeiro-comum ocorreu no dia 19/06/15 na Área 1 em Santo Antônio de Goiás-GO e no dia 03/07/15 na Área 2 em Ceres-GO. Foi realizada mecanicamente, com adubação, no espaçamento de 0,50 m entre linhas, distribuindo-se 15 sementes por metro (Figura 14).



Figura 14. Semeadura mecânica de feijão-comum nas Áreas 1 e 2, respectivamente. Santo Antônio de Goiás - GO; Ceres - GO, 2015 (Arquivo pessoal, 2015).

A adubação de semeadura foi realizada de acordo com a análise química de solo, seguindo as recomendações técnicas para a cultura, aplicando-se 174 e 87 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo e 134 e 84 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio, nas Áreas 1 e 2, respectivamente. A adubação nitrogenada foi realizada somente nas testemunhas nitrogenadas utilizando-se 90 kg N ha⁻¹, na forma de ureia, sendo aplicado 20 kg N ha⁻¹ no plantio e 70 kg N ha⁻¹ aos 22 DAE das plantas.

Foi realizada a aplicação de herbicida pré-emergente na Área 1, utilizando-se Paraquat (2,0 L ha⁻¹) logo após a semeadura. Os herbicidas pós-emergentes foram aplicados nas duas áreas, sendo a primeira aplicação aos 15 DAE, utilizando-se Fomesafen (0,6 L ha⁻¹) + Haloxifop-r éster metílico (0,5 L ha⁻¹) e a segunda, aos 25 DAE, com Fomesafen (1,2 L ha⁻¹) + Fluazifop-p-butil (0,75 L ha⁻¹).

Os tratos fitossanitários foram realizados de acordo com a recomendação ao feijoeiro-comum de inverno para a região. Na Área 1 foram utilizados inseticidas para o controle de duas espécies de vaquinhas (*Diabrotica speciosa* e *Cerotoma arcuata*) e três espécies de percevejos (*Neomegalotomus parvus*, *Nezara viridula* e *Piezodorus guildini*). Na Área 2 foi feito o controle para mosca branca (*Bemisia tabaci*), vaquinha (*Diabrotica speciosa* e *Cerotoma arcuata*) e percevejo (*Neomegalotomus parvus*, *Nezara viridula* e

Piezodorus guildini). Além disso, foi utilizado fungicida preventivo para antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e fusarium (*Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli*).

Durante a condução do experimento, as áreas foram irrigadas através de pivô central conforme as necessidades hídricas da cultura (Figura 15).



Figura 15. Irrigação do feijoeiro-comum na Área 1 através de pivô central. Santo Antônio de Goiás - GO, 2015 (Arquivo pessoal, 2015).

Quando as plantas atingiram o estágio de desenvolvimento R5 (início da floração) realizou-se a leitura indireta de clorofila, com o aparelho Minolta SPAD-502, na primeira folha completamente desenvolvida, fazendo a média de duas leituras por folíolo, em três plantas por parcela (Figura 16).



Figura 16. Leitura indireta de clorofila na primeira folha completamente desenvolvida do feijoeiro-comum no estágio R5 - início da floração na Área 1. Santo Antônio de Goiás - GO, 2015 (Arquivo pessoal, 2015).

Ainda no estágio de desenvolvimento R5, iniciaram-se as coletas para avaliação de número de nódulos (NN), massa seca de nódulos (MSN), massa seca de raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) e teor de nitrogênio (N-total) da parte aérea.

As coletas foram realizadas com auxílio de uma pá reta, retirando-se as raízes juntamente com um bloco de solo a 25 cm de profundidade em um raio de 25 cm (Figura 17). Foram retiradas três plantas aleatórias dentro da área útil. O excesso de solo foi retirado cuidadosamente e as raízes separadas da parte aérea, com auxílio de uma tesoura de poda. As raízes foram acondicionadas em sacos plásticos e a parte aérea em sacos de papel, para determinar a massa seca dos tecidos.



Figura 17. Coleta das plantas de feijoeiro-comum no estágio R5 – início da floração, com auxílio de uma pá reta para retirada das raízes na Área 1. Santo Antônio de Goiás - GO, 2015 (Arquivo pessoal, 2015).

As amostras da parte aérea foram levadas para secar em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até atingirem peso constante. Posteriormente, foram pesadas, o material foi moído e encaminhado para análise de nitrogênio de acordo com a metodologia proposta por Malavolta et al. (1997).

As amostras das raízes foram lavadas em água corrente, sobre uma peneira de malha 270 e abertura de 0,053 mm, para retirar o excesso de solo e mantidas em recipientes para secar ao ar livre (Figura 18).



Figura 18. Raízes de feijoeiro-comum com nódulos, lavadas em água corrente e mantidas em recipientes para secar ao ar livre na Área 2. Ceres - GO, 2015 (Arquivo pessoal, 2015).

Posteriormente, os nódulos foram destacados das raízes para contagem e armazenados em sacos de papel separadamente, os nódulos e as raízes. Em seguida, o material foi levado para secar em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até atingirem peso constante para obtenção da massa seca de nódulos e massa seca de raízes.

Por ocasião da colheita, no estágio de desenvolvimento R9, quando as plantas atingiram o estágio de maturação (Figura 19) foi realizada a contagem das plantas de duas linhas centrais na área útil de cada parcela para a obtenção do estande final (plantas ha⁻¹).



Figura 19. Parcelas com plantas de feijoeiro-comum no estágio R9 – maturação fisiológica na Área 1. Santo Antônio de Goiás - GO, 2015 (Arquivo pessoal, 2015).

Os componentes de rendimento foram determinados a partir da retirada, aleatória, de 10 plantas inteiras por parcela, dentro da área útil. Posteriormente, foi realizada a contagem do número de vagens (NV), número de grãos (NG) (Figura 20) e massa de 100 grãos (M100G), convertendo para dados por planta.



Figura 20. Retirada e contagem manual do número de vagens, separação e limpeza manual dos grãos e contagem automática do número de grãos em 10 plantas de feijoeiro-comum na Área 1. Santo Antônio de Goiás - GO, 2015 (Arquivo pessoal, 2015).

A produtividade de grãos foi determinada retirando as plantas da área central da parcela (2 x 2 m), trilhando os grãos para obter o peso e convertendo para kg ha^{-1} , com os dados corrigidos para 13% de umidade (Figura 21).

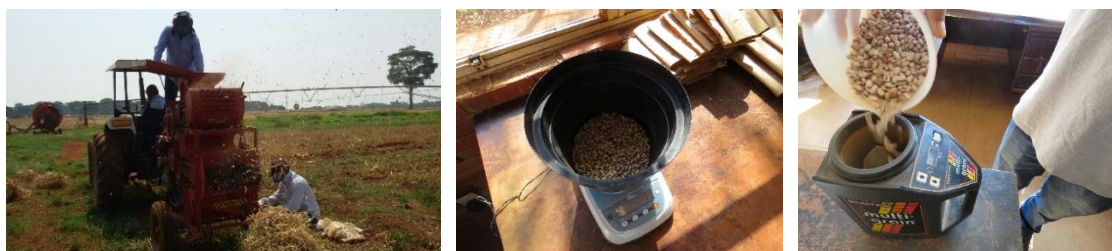


Figura 21. Trilha mecânica do feijoeiro-comum na área útil e obtenção do peso e umidade dos grãos na Área 1. Santo Antônio de Goiás - GO, 2015 (Arquivo pessoal, 2015).

Os dados obtidos na primeira etapa foram submetidos à análise de variância (teste F) e, quando observada diferenças significativas entre os tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Na segunda etapa, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F) e, quando observada diferenças significativas entre os tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. Foram realizadas a análise de correlação de Pearson para as variáveis e o teste de contrastes ortogonais entre o melhor tratamento e as testemunhas absoluta e nitrogenada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DESEMPENHO DE PLANTAS DE COBERTURA CULTIVADAS EM SANTO ANTÔNIO DE GOIÁS - GO EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE SEMEADURA

Observou-se os efeitos significativos das plantas de cobertura e épocas de semeadura para todos os parâmetros avaliados. A interação entre plantas de cobertura e épocas de semeadura foi significativa para massa fresca, massa seca e N-total das plantas de cobertura. Para o acúmulo de massa fresca e seca na vegetação espontânea, a interação entre plantas de cobertura e épocas de semeadura não foi significativa (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância com os valores de F para massa fresca, massa seca e nitrogênio total das plantas de cobertura e massa fresca e massa seca da vegetação espontânea. Santo Antônio de Goiás - GO, 2015.

Fonte de variação	Plantas de cobertura			Veg. espontânea	
	Massa fresca	Massa seca	N-total	Massa fresca	Massa seca
Plantas de cobertura (PC)	28,4**	25,9**	16,9**	8,4**	12,1**
Época de semeadura (ES)	25,5**	28,8**	18,2**	12,4**	10,1**
PC x ES	2,2*	2,5**	2,4*	0,8 ^{ns}	0,6 ^{ns}
C.V.	37,3	35,6	45,2	41,8	43,3

**significativo ($p < 0,01$). *significativo ($p < 0,05$). ^{ns}não significativo.

O maior acúmulo de massa fresca para braquiária ruziziensis, crotalária e milho foram obtidos nas épocas I e II. Para braquiária brizanta e pousio, a maior produção de massa fresca foi obtida na época II. O acúmulo de massa fresca de todas as plantas estudadas sofreu redução nas épocas de semeadura III e IV (Tabela 3).

Neste caso, a implantação destas espécies, nas condições do estudo, podem ocorrer até 22/04 para obter-se maiores rendimentos de massa fresca.

Nas épocas de semeadura I, II e III, o milho apresentou maior acúmulo de massa fresca em relação as demais plantas de cobertura. Nas épocas de semeadura I e III, as braquiárias brizanta e ruziziensis tiveram o menor acúmulo de massa fresca.

Na época de semeadura II, a crotalária obteve rendimentos de massa fresca iguais aos das braquiárias, sendo inferiores ao milho e ao pousio. Na época IV, as plantas de cobertura não diferiram entre si (Tabela 3).

Tabela 3. Massa fresca das plantas de cobertura (kg ha⁻¹) em função da época de semeadura. Santo Antônio de Goiás - GO, 2015.

Plantas de cobertura	Épocas de semeadura			
	15/04 (I)	22/04 (II)	29/04 (III)	06/05 (IV)
B. brizanta	3700 Cb	6100 Ca	2200 Cb	2000 Ab
B. ruziziensis	2900 Ca	4500 Ca	1100 Cb	1100 Ab
Crotalária juncea	8000 Ba	6000 Ca	4100 Bb	2200 Ab
Milho	13100 Aa	11800 Aa	8500 Ab	3700 Ac
Pousio	6300 Bb	8600 Ba	5100 Bb	4200 Ab

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Para o uso destas espécies para produção de massa fresca, nas condições do estudo e implantação no mês de abril, pode-se optar pelo milho que teve melhores rendimentos e, evitar as braquiárias que apresentaram menor produção de massa fresca.

O maior acúmulo de massa seca para crotalária e milho foram obtidos nas épocas I e II. Para a braquiária brizanta e o pousio, a maior produção de massa seca foi na época II. As plantas estudadas sofreram redução da massa seca nas épocas de semeadura III e IV, exceto a braquiária ruziziensis, que não sofreu variação entre as épocas de semeadura (Tabela 4).

Para se obter melhor recobrimento do solo utilizando as espécies braquiária brizanta, crotalária, milho ou pousio, nas condições do estudo, pode-se implantar estas culturas até 22/04. Para a braquiária ruziziensis, a implantação pode ocorrer em qualquer época.

Barbosa et al. (2013) avaliaram duas épocas de semeadura das plantas de cobertura na entressafra e, também constataram a redução da massa seca na última época de semeadura das espécies braquiária brizanta, crotalária e pousio.

Na época de semeadura I, as plantas que tiveram maior acúmulo de massa seca foram crotalária e milho e, nas épocas II e III foram crotalária, milho e pousio. Na época IV, o pousio foi superior as demais plantas de cobertura, obtendo maior produção de massa

seca. Nas épocas de semeadura I, II e III, as braquiárias tiveram o menor acúmulo de massa seca (Tabela 4).

Tabela 4. Massa seca das plantas de cobertura (kg ha^{-1}) em função da época de semeadura. Santo Antônio de Goiás - GO, 2015.

Plantas de cobertura	Épocas de semeadura			
	15/04 (I)	22/04 (II)	29/04 (III)	06/05 (IV)
B. brizanta	500 Cb	900 Ba	300 Bb	200 Bb
B. ruziziensis	300 Ca	600 Ba	100 Ba	100 Ba
Crotalária juncea	1400 Aa	1100 Aa	700 Ab	300 Bb
Milheto	1600 Aa	1400 Aa	1000 Ab	300 Bc
Pousio	1000 Bb	1500 Aa	1000 Ab	700 Ab

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Considerando a produção de massa seca na implantação destas espécies, no mês de abril, pode-se optar pelo milheto, crotalária ou a vegetação espontânea (pousio) que tiveram melhores rendimentos. Deve-se evitar as braquiárias que apresentaram menor produção de massa seca. Torres et al. (2008) obtiveram resultados semelhantes em um solo de cerrado, constatando maiores rendimentos de massa seca para o milheto, crotalária e pousio, com as plantas semeadas no mês de abril.

Pacheco et al. (2011), em uma área de Santo Antônio de Goiás – GO e mesma época de cultivo das plantas de cobertura, apresentaram resultados compatíveis com os desse estudo. O milheto obteve maiores rendimentos de massa seca, enquanto as braquiárias brizanta e ruziziensis foram inferiores na produção. Em uma área de Rio Verde – GO, com as plantas semeadas em 10/04, obtiveram produção de massa seca para milheto, braquiária ruziziensis e pousio de 3600 kg ha^{-1} , 1000 kg ha^{-1} e 900 kg ha^{-1} , respectivamente.

Embora o milheto, a crotalária e o pousio tenham obtido melhores rendimentos de massa seca em relação às braquiárias, essa produção é considerada baixa para o recobrimento do solo. Carvalho et al. (2013) também constataram baixo acúmulo de matéria fresca e seca na estação de inverno, onde o cultivo em solo de cerrado, nesse período, é pouco favorável para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

Na região do cerrado, este é o grande desafio do sistema de plantio direto. O clima seco no inverno e fotoperíodo curto, não favorece o estabelecimento de uma cobertura do solo com quantidade e rusticidade suficientes para fornecer material ao solo até a semeadura da cultura subsequente (Alvarenga et al. 2001).

O maior acúmulo de N-total para o milho foi observado na época I. Para o pousio, o maior acúmulo de N-total foi na época II e, para braquiária brizanta e crotalaria foram as épocas I e II. As espécies braquiária brizanta, crotalaria e pousio sofreram redução do N-total nas épocas de semeadura III e IV. O milho sofreu redução do N-total nas épocas II, III e IV. A braquiária ruziziensis não sofreu variação entre as épocas de semeadura (Tabela 5).

Neste caso, para implantação de milho, a semeadura até 15/04 obteve-se maior acúmulo de N-total na palhada, enquanto que para braquiária brizanta e crotalaria obteve-se maior acúmulo até 22/04.

Tabela 5. Nitrogênio total em plantas de cobertura (kg ha^{-1}) em função da época de semeadura. Santo Antônio de Goiás - GO, 2015.

Plantas de cobertura	Épocas de semeadura			
	15/04 (I)	22/04 (II)	29/04 (III)	06/05 (IV)
B. brizanta	25,8 Ca	34,4 Ba	12,8 Bb	12,3 Ab
B. ruziziensis	13,1 Ca	21,0 Ba	5,6 Ba	4,9 Aa
Crotalaria juncea	47,6 Ba	39,4 Ba	27,5 Ab	12,2 Ab
Milho	75,3 Aa	52,0 Ab	44,2 Ab	12,5 Ac
Pousio	34,9 Cb	57,6 Aa	40,7 Ab	24,2 Ab

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Na época de semeadura I, o milho apresentou maior acúmulo de N-total em relação a crotalaria, enquanto que as braquiárias e o pousio foram inferiores a esta. As plantas que tiveram maior acúmulo de N-total na época II foram o milho e o pousio e, na época III foram o milho, a crotalaria e o pousio. Na época IV, as plantas não diferiram entre si (Tabela 5).

Para a escolha das plantas de cobertura é importante considerar, além do potencial de massa seca produzida, o acúmulo de nitrogênio e a dinâmica de liberação de nutrientes, principalmente, nas regiões em que as condições climáticas favorecem a decomposição da palhada (Doneda et al., 2012).

Considerando a produção de biomassa fresca e seca e o acúmulo de N total, nas condições do estudo, deve-se evitar as braquiárias, no mês de abril, que apresentaram a menor produção de massa fresca e seca e o menor acúmulo de N-total na palhada. Por outro lado, é importante ressaltar que as plantas de cobertura apresentam outros benefícios, como a melhoria da estrutura do solo, a interação com outros organismos, a ciclagem de nutrientes,

a diminuição da temperatura do solo, a redução da erosão, dentre outros fatores que devem ser considerados para a escolha da planta de cobertura a ser utilizada.

O milho, a crotalária e o pousio, implantadas no mês de abril, obtiveram bons níveis de N-total. Os valores encontrados nesse estudo, em todas as épocas de semeadura, foram superiores aos valores encontrados por Torres et al. (2008) para milho, crotalária e pousio. Para a palhada de milho da época de semeadura I, os valores de N-total foram duas vezes maior que os valores encontrados por Pacheco et al. (2011) na área de Santo Antônio de Goiás – GO e corresponde à 70% da quantidade de N requerida pela cultura do feijoeiro-comum para que atinja 90% da produtividade fisiológica, segundo Santos et al. (2003).

De acordo com Primavesi et al. (2002), a quantidade de nutriente acumulado depende da espécie, da fertilidade do solo, do manejo, da relação C/N, da época de semeadura e das condições climáticas.

A Tabela 6 apresenta os valores médios dos parâmetros avaliados nas plantas invasoras que se desenvolveram nas parcelas das plantas de cobertura.

Tabela 6. Massa fresca e massa seca da vegetação espontânea em diferentes plantas de cobertura e épocas de semeadura (kg ha⁻¹). Santo Antônio de Goiás - GO, 2015.

Fonte de variação	Massa fresca	Massa seca
Épocas de semeadura		
15/04	5000 A	700 B
22/04	5300 A	800 A
29/04	3500 B	600 B
06/05	2400 C	400 C
Plantas de cobertura		
B. brizanta	3000 B	400 B
B. ruziziensis	4300 B	600 B
Crotalária juncea	3200 B	500 B
Milho	3600 B	600 B
Pousio	6000 A	1000 A

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

As épocas de semeadura I e II apresentaram maiores valores de massa fresca da vegetação espontânea. A época de semeadura II apresentou maior valor de massa seca em relação as demais épocas. A partir do dia 22/04 houve redução da biomassa fresca e seca. A braquiária brizanta, braquiária ruziziensis, crotalária e milho proporcionaram menor acúmulo de massa fresca e seca da vegetação espontânea em relação ao pousio (Tabela 6).

Áreas em pousio são rapidamente infestadas, enquanto que o uso de plantas de cobertura pode controlar a população de plantas espontâneas (Barbosa et al., 2013). Os dados desse trabalho mostraram que as plantas de cobertura foram eficientes na redução da biomassa da vegetação espontânea.

O levantamento das plantas espontâneas apontaram presença de espécies de diversas famílias, com predominância de picão preto (*Bidens pilosa*), capim amargoso (*Digitaria insularis*), capim carrapicho (*Cenchrus echinatus*) e capim colchão (*Digitaria sanguinalis*). Lamego et al. (2015) concluíram que a utilização de plantas de cobertura é eficiente no manejo da supressão de plantas espontâneas, mas é dependente das espécies naturais e da cobertura em questão.

4.2 DESEMPENHO DE PLANTAS DE COBERTURA CULTIVADAS EM CERES – GO EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE SEMEADURA

Observou-se os efeitos significativos das plantas de cobertura para todos os parâmetros avaliados. Os efeitos significativos das épocas de semeadura foram observados para massa fresca e massa seca das plantas de cobertura. A interação entre plantas de cobertura e épocas de semeadura foi significativa para massa fresca e massa seca da vegetação espontânea. Para o acúmulo de massa fresca, massa seca e N-total nas plantas de cobertura, a interação não foi significativa (Tabela 7).

Tabela 7. Resumo da análise de variância com os valores de F para massa fresca, massa seca e nitrogênio total das plantas de cobertura e massa fresca e massa seca da vegetação espontânea. Ceres - GO, 2015.

Fonte de variação	Plantas de cobertura			Veg. espontânea	
	Massa fresca	Massa seca	N-total	Massa fresca	Massa seca
Plantas de cobertura (PC)	47,6**	69,4**	34,4**	13,7**	9,4**
Época de semeadura (ES)	3,2*	3,3*	0,9 ^{ns}	1,6 ^{ns}	1,0 ^{ns}
PC x ES	0,8 ^{ns}	0,8 ^{ns}	0,5 ^{ns}	2,5**	2,0*
C.V.	49,0	27,1	36,7	40,9	24,7

**significativo (p < 0,01). *significativo (p < 0,05). ^{ns}não significativo.

A Tabela 8 apresenta os valores médios dos parâmetros avaliados nas plantas de cobertura.

A época de semeadura II proporcionou maior acúmulo de massa fresca, enquanto que para massa seca, o menor acúmulo foi na época IV. A época de semeadura não afetou os teores de N-total. Entre as plantas de cobertura, o milho obteve maior produção de massa fresca e seca. No acúmulo de N-total, o milho e a crotalária não diferiram entre si. Os menores rendimentos de massa fresca, massa seca e N-total foram observados para as braquiárias e o pousio (Tabela 8).

Tabela 8. Massa fresca, massa seca (kg ha^{-1}) e nitrogênio total (kg ha^{-1}) das plantas de cobertura e épocas de semeadura. Ceres - GO, 2015.

Fonte de variação	Massa Fresca	Massa Seca	N-total
Época de semeadura			
01/05	2700 B	700 A	20,7 A
07/05	3400 A	700 A	20,6 A
14/05	2600 B	700 A	19,4 A
21/05	2000 B	600 B	17,6 A
Plantas de cobertura			
B. brizanta	1100 C	400 C	12,1 B
B. ruziziensis	800 C	300 C	9,9 B
Crotalária juncea	3600 B	1000 B	30,4 A
Milho	6300 A	1200 A	31,6 A
Pousio	1600 C	400 C	13,7 B

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Nas condições do estudo, deve-se evitar as braquiárias e a vegetação espontânea que apresentaram os menores rendimentos em todos os parâmetros. Neste caso, o uso de milho obteve o maior acúmulo de biomassa fresca e seca. Torres et al. (2014) encontraram resultados semelhantes utilizando milho, crotalária e braquiária no período seco. O milho apresentou maior produção de biomassa fresca e seca, o que demonstra a boa adaptação desta planta ao clima e solo do cerrado. A braquiária apresentou os menores rendimentos, com produção de massa seca inferior a 4000 kg ha^{-1} . De acordo com Alvarenga et al. (2001), a quantidade de massa seca considerada mínima ideal para uma boa cobertura do solo é de 6000 kg ha^{-1} . Essa produção também é suficiente para compensar as taxas de decomposição da palhada.

A semeadura tardia interferiu no crescimento e desenvolvimento das plantas de cobertura, em função da resposta destas espécies ao fotoperíodo e às condições edafoclimáticas.

A massa fresca e seca das plantas espontâneas na área em pousio foram inferiores nas épocas III e IV. As demais plantas de cobertura não sofreram variação entre as épocas de semeadura (Tabela 9 e Tabela 10).

Tabela 9. Massa fresca da vegetação espontânea em diferentes plantas de cobertura e épocas de semeadura (kg ha⁻¹). Ceres - GO, 2015.

Plantas de cobertura	Épocas de semeadura			
	01/05 (I)	07/05 (II)	14/05 (III)	21/05 (IV)
B. brizanta	600 Ba	800 Ba	600 Aa	400 Ba
B. ruziziensis	800 Ba	1000 Ba	500 Aa	1100 Aa
Crotalária juncea	1000 Ba	700 Ba	1100 Aa	700 Ba
Milheto	600 Ba	600 Ba	700 Aa	1200 Aa
Pousio	1800 Aa	2200 Aa	1100 Ab	1200 Ab

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Nas épocas I e II, a biomassa fresca das plantas espontâneas não apresentou diferenças significativas para braquiária brizanta, braquiária ruziziensis, crotalária e milheto, as quais foram inferiores ao pousio. Na época III, as plantas de cobertura não diferiram do pousio. Na época IV, a braquiária brizanta e a crotalária foram mais eficientes acumulando menor massa fresca das plantas espontâneas (Tabela 9).

Tabela 10. Massa seca da vegetação espontânea em diferentes plantas de cobertura e épocas de semeadura (kg ha⁻¹). Ceres - GO, 2015.

Plantas de cobertura	Épocas de semeadura			
	01/05 (I)	07/05 (II)	14/05 (III)	21/05 (IV)
B. brizanta	300 Ba	300 Ba	300 Aa	200 Ba
B. ruziziensis	400 Aa	400 Ba	200 Aa	400 Aa
Crotalária juncea	300 Ba	300 Ba	400 Aa	300 Ba
Milheto	200 Ba	200 Ba	400 Aa	400 Aa
Pousio	500 Aa	600 Aa	400 Ab	400 Ab

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Na época de semeadura I, a parcela com braquiária ruziziensis não diferiu da área em pousio quanto à massa seca das plantas espontâneas. Na época II, todas as plantas de cobertura tiveram valores inferiores aos do pousio. Na época III, não houve diferenças significativas entre as plantas. Na época IV, as espécies braquiária brizanta e crotalária acumularam menor quantidade de massa seca das plantas espontâneas (Tabela 10).

O levantamento das plantas espontâneas apontaram presença de espécies de diversas famílias, com predominância de trapoeraba (*Commelina virginica*) e corda-de-viola (*Ipomoea grandifolia*). Para Gomes et al. (2014), os adubos verdes podem ser usados como supressores de plantas espontâneas, mas existem especificidades com relação às espécies da cobertura e das espontâneas, além do manejo da biomassa.

4.3 EFEITO DE ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO DE PLANTAS DE COBERTURA NO DESEMPENHO DE FEIJOEIRO-COMUM EM SANTO ANTÔNIO DE GOIÁS - GO

Não foram observados efeitos significativos para as épocas de dessecação em todas as variáveis analisadas. Já a inoculação influenciou o teor de clorofila, número de nódulos e massa seca da parte aérea do feijoeiro, enquanto que as plantas de cobertura influenciaram o número de nódulos, número de grãos e produtividade. As interações dos fatores estudados (épocas de dessecação, inoculação e plantas de cobertura) não foram significativas para os parâmetros avaliados (Tabela 11).

Tabela 11. Resumo da análise de variância com os valores de F para o teor de clorofila (TC), número de nódulos (NN), massa fresca da parte aérea (MF), massa seca da parte aérea (MS), massa seca de raiz (MSR), massa seca de nódulos (MSN), nitrogênio total (NT), número de vagens (NV), número de grãos (NG), massa de 100 grãos (M100) e produtividade (PROD) do feijoeiro-comum. Santo Antônio de Goiás - GO, 2015.

Fonte de variação	TC	NN	MF	MS	MSR	MSN	NT	NV	NG	M100	PROD
Época de dessecação (ED)	1,40 ^{ns}	1,00 ^{ns}	3,66 ^{ns}	1,60 ^{ns}	1,22 ^{ns}	1,35 ^{ns}	1,31 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,09 ^{ns}	3,55 ^{ns}	2,14 ^{ns}
Inoculação (INOC)	111,4 ^{**}	39,33 ^{**}	8,40 ^{ns}	13,57 [*]	0,13 ^{ns}	2,67 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,11 ^{ns}	3,03 ^{ns}	8,89 ^{ns}
Plantas de cobertura (PC)	0,19 ^{ns}	2,69 [*]	1,05 ^{ns}	1,95 ^{ns}	1,34 ^{ns}	0,69 ^{ns}	1,30 ^{ns}	0,52 ^{ns}	2,96 [*]	0,71 ^{ns}	2,91 [*]
ED x INOC	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}
PC x ED	1,10 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,79 ^{ns}	0,84 ^{ns}	1,80 ^{ns}	1,18 ^{ns}	1,18 ^{ns}	1,31 ^{ns}
PC x INOC	0,65 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,89 ^{ns}	0,35 ^{ns}	1,33 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,53 ^{ns}	1,21 ^{ns}	1,55 ^{ns}	0,27 ^{ns}
PC x INOC x ED	0,56 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,48 ^{ns}	1,46 ^{ns}	0,78 ^{ns}	1,39 ^{ns}	1,26 ^{ns}	0,44 ^{ns}
C.V. (1)	9,22	69,67	26,22	30,20	26,53	95,57	12,45	31,28	23,95	7,43	44,13
C.V. (2)	0,97	25,22	34,62	23,71	22,50	71,31	21,63	25,27	17,97	5,81	18,31
C.V. (3)	4,51	62,02	38,70	29,63	31,13	80,78	11,83	21,62	13,89	5,87	23,03

^{**}significativo (p< 0,01). ^{*}significativo (p< 0,05). ^{ns}não significativo

A Tabela 12 apresenta os valores médios dos parâmetros avaliados no feijoeiro-comum em função da inoculação.

Tabela 12. Teor de clorofila (unidade SPAD), número de nódulos (unidades planta⁻¹) e massa seca da parte aérea (g planta⁻¹) do feijoeiro-comum com e sem inoculação. Santo Antônio de Goiás - GO, 2015.

Inoculação com rizóbio	Teor de clorofila	Nº de nódulos	Massa seca
Presente	39,8 A	28,8 A	5,2 A
Ausente	39,2 B	22,4 B	4,5 B

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

As plantas tratadas com inoculação obtiveram maiores rendimentos no teor de clorofila, número de nódulos e massa seca da parte aérea em relação ao tratamento sem inoculação (Tabela 12).

O número de nódulos acima de 15 unidades planta⁻¹ já é um indicativo de boa eficiência simbiótica, porém pode ocorrer a formação de nódulos de tamanho reduzido que compromete a eficiência da FBN (Cardoso et al., 2009; Fonseca et al., 2013).

Pelegrin et al. (2009) trabalharam com feijoeiro-comum inoculado, cv. Pérola, e encontraram valores inferiores aos desse estudo, apresentando 12,6 nódulos planta⁻¹ e massa seca de 3,8 g planta⁻¹.

Verificou-se nesse trabalho que o tratamento sem inoculação também apresentou número de nódulos acima de 15 unidades planta⁻¹. Esse resultado está associado à presença de estirpes de rizóbio nativas do solo capazes de nodular o feijoeiro-comum. Brito et al. (2015) também encontraram expressiva nodulação em plantas de feijoeiro sem inoculação. De acordo com esses autores foram encontrados em duas áreas de Santo Antônio de Goiás-GO elevada população nativa de rizóbio, indicado pela contagem de 10⁵ células g⁻¹ de solo. Dessa forma, concluíram que os cultivos prévios de feijoeiro podem favorecer o estabelecimento de estirpes nativas eficientes e competitivas.

A importância da nodulação pode ser verificada no ganho de massa seca e teor de clorofila do tratamento com inoculação. Os valores encontrados para o teor de clorofila são indicativos da disponibilidade de N para as plantas. Já a presença de maior quantidade de massa seca pode ser correlacionada com o maior desenvolvimento da parte aérea das plantas.

Nesse caso, nas condições do estudo, o tratamento com inoculação obteve maiores rendimentos no teor de clorofila, número de nódulos e, conseqüentemente, de massa seca da parte aérea.

Os valores médios do número de nódulos no feijoeiro-comum em função das plantas de cobertura estão apresentados na Figura 22.

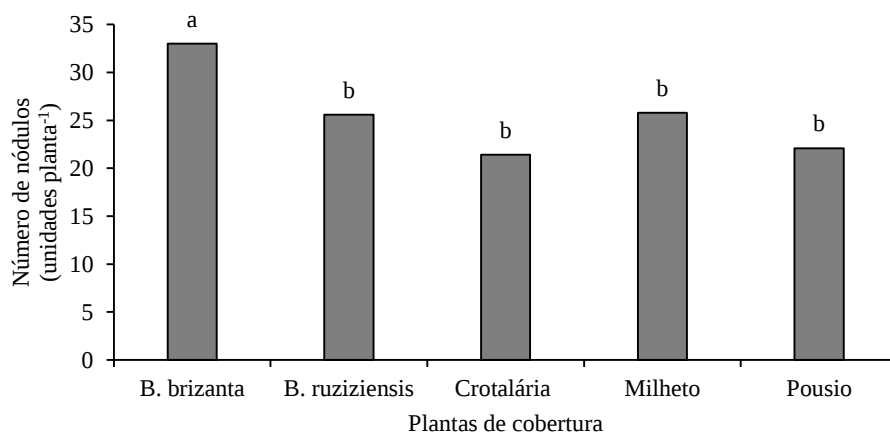


Figura 22. Número de nódulos do feijoeiro-comum cultivado em palhadas de diferentes plantas de cobertura. Santo Antônio de Goiás - GO, 2015.

Observou-se que o feijoeiro-comum cultivado sobre a palhada de braquiária brizanta, independente da época de dessecação, apresentou o maior número de nódulos, enquanto que sobre as palhadas das demais plantas não houve diferença significativa (Figura 22).

As condições proporcionadas pela semeadura direta com adequada cobertura vegetal beneficia o desenvolvimento de microrganismos. A população microbiana é favorecida em razão da deposição de resíduos orgânicos, da quantidade de raízes e da quantidade de água retida no solo (Barroti & Nahas, 2000; Perez et al., 2004).

Nesse estudo, a braquiária brizanta proporcionou melhores condições para o desenvolvimento da atividade microbiana. Barroti & Nahas (2000) concluíram que a biomassa microbiana aumenta em razão do plantio de braquiária.

A Figura 23 apresenta os valores médios do número de grãos por vagem do feijoeiro-comum em função das plantas de cobertura.

O número de grãos por vagem do feijoeiro-comum não diferiu entre os cultivos com braquiária ruziziensis e pousio, sendo que essas apresentaram maior rendimento em

relação as demais plantas. O feijoeiro-comum obteve menor número de grãos por vagem sobre os cultivos com braquiária brizanta, crotalária e milho (Figura 23).

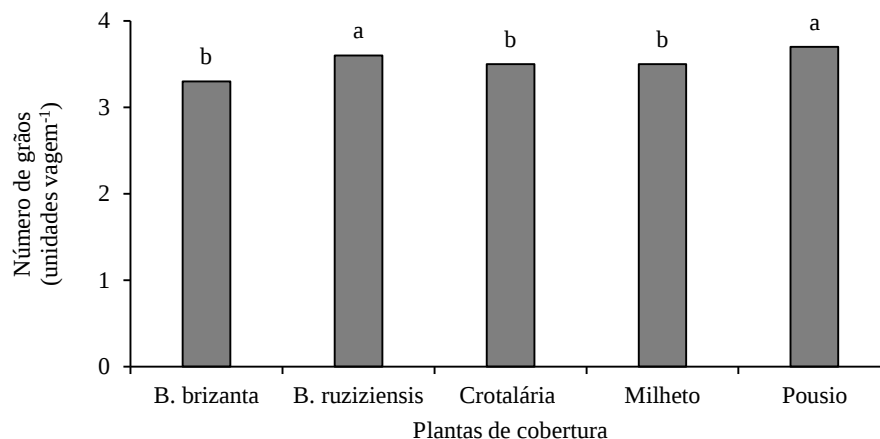


Figura 23. Número de grãos por vagem de feijoeiro-comum cultivado em palhadas de diferentes plantas de cobertura. Santo Antônio de Goiás - GO, 2015.

As palhadas de braquiária ruziziensis e pousio podem ter influenciado, principalmente, na manutenção da umidade e diminuição da temperatura do solo durante o ciclo da cultura, propiciando um maior vingamento de flores e, conseqüentemente, de vagens e grãos.

A Figura 24 apresenta os valores médios de produtividade do feijoeiro-comum em função das plantas de cobertura.

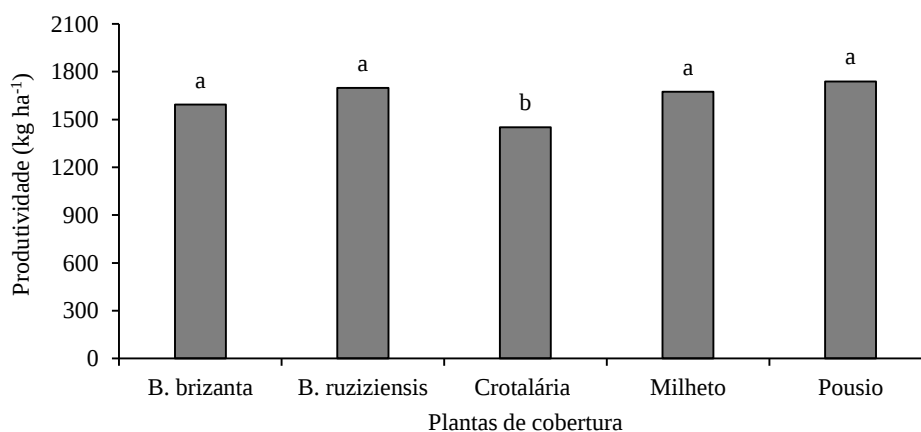


Figura 24. Produtividade de feijoeiro-comum cultivado em palhadas de diferentes plantas de cobertura. Santo Antônio de Goiás - GO, 2015.

A produtividade do feijoeiro-comum não apresentou diferenças significativas entre os cultivos com braquiária brizanta, braquiária ruziziensis, milho e pousio, sendo que essas tiveram maior rendimento em relação ao cultivo com crotalária (Figura 24).

O cultivo de feijoeiro-comum sobre a palhada de leguminosa não favoreceu o aumento da produtividade, enquanto que a utilização de gramíneas permitiu maiores rendimentos para a cultura. Segundo Monegat (1991), a elevada relação C/N e os altos teores de lignina da palhada de gramíneas resulta na lenta taxa de decomposição possibilitando os efeitos benéficos a longo prazo. Nunes et al. (2006) obtiveram maiores rendimentos da cultura do feijão com a utilização de gramíneas como plantas de cobertura no sistema de plantio direto.

A produtividade foi influenciada pelo maior número de grãos por vagem entre os tratamentos, visto que foi obtido o coeficiente de correlação significativo e positivo ($r = 0,55$, $p < 0,05$) entre estas variáveis (Tabela 13). Esses resultados corroboram com Ferreira et al. (2013) que também encontraram correlação positiva para estas variáveis.

Tabela 13. Coeficientes de correlação simples (r) entre as variáveis analisadas, teor de clorofila (TC), número de nódulos (NN), massa fresca da parte aérea (MF), massa seca da parte aérea (MS), massa seca de raiz (MSR), massa seca de nódulos (MSN), nitrogênio total (NT), número de vagens (NV), número de grãos (NG), massa de 100 grãos (MC) e produtividade (PRO) do feijoeiro-comum. Santo Antônio de Goiás - GO, 2015.

Variáveis	TC	NN	MF	MS	MSR	MSN	NT	NV	NG	MC	PRO
TC	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NN	0,09	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MF	0,18	0,29	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-
MS	0,17	0,18	0,85	1,00	-	-	-	-	-	-	-
MSR	0,00	0,26	0,77	0,69	1,00	-	-	-	-	-	-
MSN	-0,06	0,71	0,16	0,04	0,15	1,00	-	-	-	-	-
NT	0,17	-0,03	-0,07	-0,10	-0,17	-0,01	1,00	-	-	-	-
NV	0,13	0,03	0,13	0,06	0,04	-0,04	0,13	1,00	-	-	-
NG	-0,21	-0,06	0,08	0,07	0,08	0,09	0,00	0,11	1,00	-	-
MC	-0,09	0,01	-0,04	-0,08	0,00	0,08	-0,01	0,14	-0,04	1,00	-
PRO	-0,16	-0,20	0,09	0,09	0,05	-0,14	0,10	0,20	0,55	0,19	1,00

O cultivo de feijoeiro-comum sobre a palhada de pousio, na qual teve predominância de gramíneas, apresentou produtividade de 1739,5 kg ha⁻¹, sendo o maior rendimento em relação as demais plantas. Esse tratamento foi contrastado com as testemunhas absoluta e nitrogenada.

Na análise de contraste, observa-se efeito significativo somente para o tratamento com pousio e a testemunha absoluta (ausência de palhada, de inoculação e de adubação nitrogenada) (Tabela 14).

O efeito não significativo do contraste entre o tratamento com pousio e a testemunha nitrogenada (ausência de palhada e inoculação + adubação nitrogenada) mostra a eficiência do cultivo de feijoeiro-comum em plantio direto sem o uso da adubação química nitrogenada. Souza et al. (2011) observaram que a adubação nitrogenada não influenciou na produtividade de grãos de feijoeiro cultivado sobre a palhada de gramínea no SPD, o que pode estar relacionado com a liberação de N dos resíduos vegetais.

Tabela 14. Resumo da análise de variância dos contrastes com os valores de F para produtividade do feijoeiro-comum. Santo Antônio de Goiás - GO, 2015.

Contraste	Produtividade
1 com 2 ⁺	0,18 ^{ns}
1 com 3	5,05 [*]

**significativo (p < 0,01). *significativo (p < 0,05). ^{ns}não significativo.

⁺1-Tratamento com pousio; 2-Testemunha nitrogenada; 3-Testemunha absoluta.

O feijoeiro-comum cultivado sobre a palhada de pousio aumentou a produtividade em 40,5% em relação a testemunha absoluta. Ferreira et al. (2011) concluíram que em SPD ocorre a maior produtividade do feijoeiro-comum e que estes rendimentos estão altamente correlacionados com a quantidade de N acumulado pelas plantas de cobertura.

Embora a produtividade alcançada nesse estudo não tenha atingido a produção esperada para o feijoeiro-comum, cultivar Pérola, nestas condições, o cultivo do feijoeiro-comum em plantio direto sobre plantas espontâneas, sem adubação química nitrogenada, obteve produtividade 67% maior que a produtividade média brasileira.

O feijoeiro-comum sob condições irrigadas pode alcançar produtividades acima de 3000 kg ha⁻¹, porém, nas condições desse estudo, em que os tratamentos obtiveram rendimentos abaixo de 2000 kg ha⁻¹, o cultivo de feijoeiro-comum com bactérias do grupo dos rizóbios em plantio direto sobre vegetação espontânea, pode reduzir os custos de produção com fertilizantes químicos nitrogenados e tornar o sistema produtivo sustentável.

4.4 EFEITO DE ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO DE PLANTAS DE COBERTURA NO DESEMPENHO DE FEIJOEIRO-COMUM EM CERES - GO

Não foram observados efeitos significativos para as épocas de dessecação em todas as variáveis analisadas. Já a inoculação influenciou o número de nódulos, massa fresca da parte aérea, massa seca de raiz e massa seca de nódulos do feijoeiro, enquanto que as plantas de cobertura influenciaram o teor de clorofila, número de nódulos e massa seca de nódulos. As interações dos fatores estudados (épocas de dessecação, inoculação e plantas de cobertura) não foram significativas para os parâmetros avaliados (Tabela 15).

Tabela 15. Resumo da análise de variância com valores de F para teor de clorofila (TC), número de nódulos (NN), massa fresca da parte aérea (MF), massa seca da parte aérea (MS), massa seca de raiz (MSR), massa seca de nódulos (MSN) e nitrogênio total (NT) do feijoeiro-comum. Ceres - GO, 2015.

Fonte de variação	TC	NN	MF	MS	MSR	MSN	NT
Época de dessecação (ED)	0,61 ^{ns}	1,23 ^{ns}	1,40 ^{ns}	2,85 ^{ns}	0,57 ^{ns}	1,30 ^{ns}	2,09 ^{ns}
Inoculação (INOC)	6,32 ^{ns}	45,33 ^{**}	13,75 [*]	4,99 ^{ns}	22,30 [*]	18,12 [*]	0,43 ^{ns}
Plantas de cobertura (PC)	2,66 [*]	4,16 ^{**}	0,96 ^{ns}	1,08 ^{ns}	1,49 ^{ns}	5,84 ^{**}	0,39 ^{ns}
ED x INOC	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}
PC x ED	1,65 ^{ns}	0,80 ^{ns}	1,41 ^{ns}	1,13 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,94 ^{ns}	1,29 ^{ns}
PC x INOC	0,73 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,75 ^{ns}	1,01 ^{ns}	1,43 ^{ns}	0,52 ^{ns}	1,76 ^{ns}
PC x INOC x ED	0,76 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,74 ^{ns}
C.V. (1)	6,22	51,85	37,96	24,51	33,99	64,87	23,43
C.V. (2)	2,35	34,55	13,18	13,00	20,86	53,93	12,11
C.V. (3)	4,87	55,19	24,86	21,76	25,08	59,04	11,37

^{**}significativo (p < 0,01). ^{*}significativo (p < 0,05). ^{ns}não significativo.

A Tabela 16 apresenta os valores médios dos parâmetros avaliados no feijoeiro-comum em função da inoculação.

Tabela 16. Número de nódulos (unidades planta⁻¹), massa fresca da parte aérea (g planta⁻¹), massa seca de raiz (g planta⁻¹) e massa seca de nódulos (mg planta⁻¹) do feijoeiro-comum com e sem inoculação. Ceres - GO, 2015.

Inoculação com rizóbio	Nº de nódulos	Massa fresca da parte aérea	Massa seca de raiz	Massa seca de nódulos
Presente	30,5 A	37,5 A	0,4 B	84,7 A
Ausente	21,0 B	34,7 B	0,5 A	58,7 B

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

As plantas inoculadas com rizóbio obtiveram maiores rendimentos no número de nódulos, massa fresca da parte aérea e massa seca de nódulos, enquanto que o tratamento sem inoculação obteve maior rendimento somente para massa seca de raiz (Tabela 16).

O tratamento na ausência de inoculação, também apresentou boa formação de nódulos com massa seca de nódulos proporcional ao tratamento com inoculação, o que indica a presença de estirpes nativas no solo capazes de fixar N_2 atmosférico e suprir as necessidades da cultura. A massa fresca da parte aérea e massa seca da raiz do feijoeiro no tratamento sem inoculação indicou um bom crescimento das plantas.

A inoculação com rizóbios selecionados não exclui a possibilidade das estirpes nativas promoverem nodulação. Porém, as estirpes do inoculante, além de eficientes na FBN, devem ser competitivas para superar as nativas e garantir maior nodulação (Matoso & Kusdra, 2014).

Nesse estudo, observou-se que as estirpes de rizóbios do inoculante foram eficientes, garantindo maior nodulação e acúmulo de massa de nódulos seca e, consequentemente, maior crescimento das plantas representado pela variável massa fresca da parte aérea.

Os valores médios do teor de clorofila no feijoeiro-comum em função das plantas de cobertura estão apresentados na Figura 25.

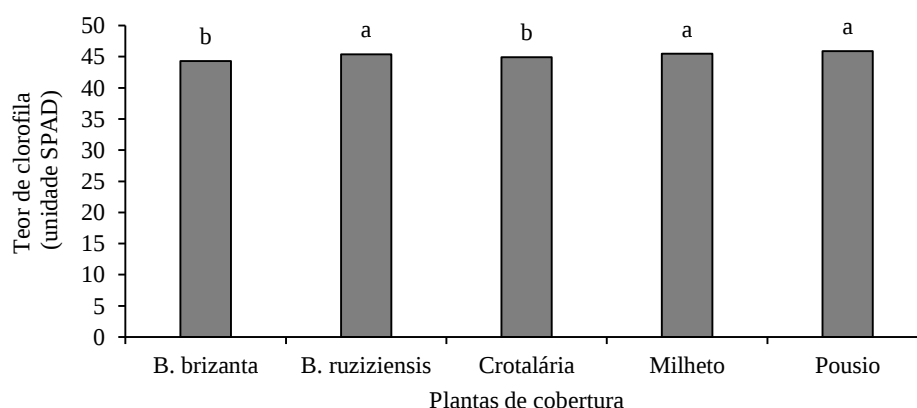


Figura 25. Teor de clorofila do feijoeiro-comum cultivado em palhadas de diferentes plantas de cobertura. Ceres - GO, 2015.

O teor de clorofila do feijoeiro-comum não diferiu entre os cultivos com braquiária ruziziensis, milheto e pousio, sendo que estas apresentaram maior teor em relação

as demais plantas. O feijoeiro-comum obteve menor teor de clorofila sobre os cultivos com braquiária brizanta e crotalária (Figura 25).

A avaliação indireta de clorofila tem sido utilizada como indicativo do estado nutricional das plantas em relação ao N. Existe alta correlação entre o teor de N e a clorofila nas folhas do feijoeiro devido ao N ser constituinte da molécula de clorofila. De modo geral, os valores de SPAD crescem com o incremento de N (Silveira et al., 2003).

Os resultados deste estudo mostram que, mesmo o feijoeiro fazendo associações simbióticas com rizóbios para suprir a necessidade de N, o cultivo sobre as palhadas de braquiária ruziziensis, milheto e pousio contribuem para a demanda da cultura. A palhada das gramíneas proporciona maior imobilização de N para sua decomposição e, mesmo com elevada relação C/N, essas palhadas disponibilizaram N adequadamente.

A Figura 26 apresenta os valores médios do número de nódulos do feijoeiro-comum em função das plantas de cobertura.

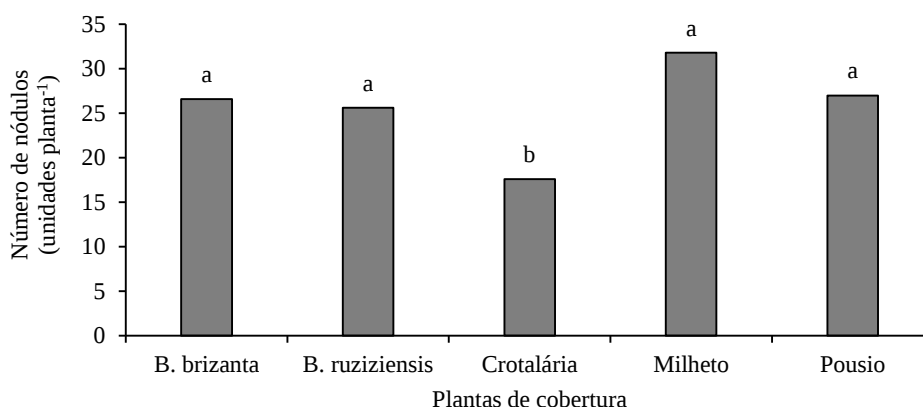


Figura 26. Número de nódulos do feijoeiro-comum cultivado em palhadas de diferentes plantas de cobertura. Ceres - GO, 2015.

Observou-se que o feijoeiro-comum cultivado sobre a palhada de crotalária, independente da época de dessecação, apresentou o menor número de nódulos, enquanto que sobre as palhadas das demais plantas não houve diferença significativa (Figura 26).

A manutenção de resíduos vegetais no solo contribui para a atividade microbiana, pois aumenta os teores de matéria orgânica e diminuem as variações de temperatura e umidade. As gramíneas, além de apresentarem alto conteúdo de matéria orgânica, possuem densa massa radicular contribuindo para o desenvolvimento da população

microbiana. Barroti & Nahas (2000) corroboram com esses resultados, pois encontraram aumento da biomassa microbiana em razão do plantio de braquiária.

A crotalária possui baixa relação C/N e devido sua elevada taxa de decomposição, seus resíduos vegetais não favoreceram a atividade dos microrganismos.

A Figura 27 apresenta os valores médios da massa seca de nódulos do feijoeiro-comum em função das plantas de cobertura.

A massa seca de nódulos do feijoeiro-comum não apresentou diferenças significativas entre os cultivos com braquiária brizanta, milho e pousio, sendo que estas tiveram maior rendimento em relação ao cultivo com braquiária ruziziensis e crotalária (Figura 27).

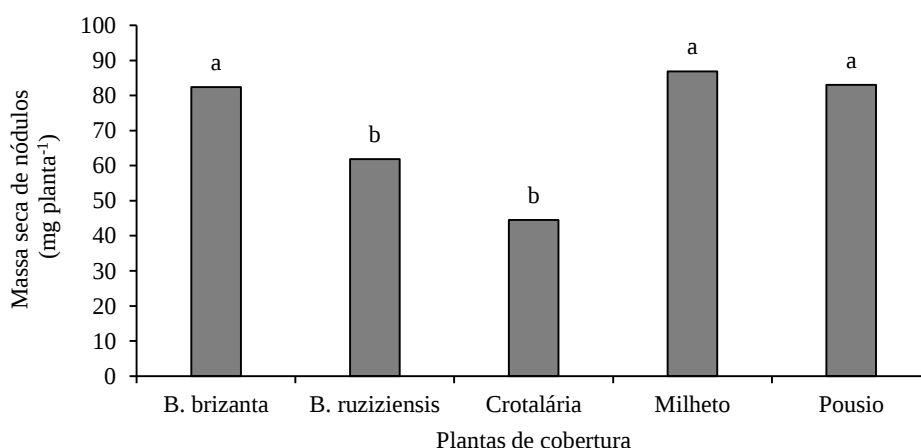


Figura 27. Massa seca de nódulos do feijoeiro-comum cultivado em palhadas de diferentes plantas de cobertura. Ceres - GO, 2015.

Nesse estudo, a massa seca de nódulos foi influenciada pelo maior número de nódulos entre os tratamentos, visto que foi obtido o coeficiente de correlação significativo e positivo ($r = 0,80$, $p < 0,05$) entre estas variáveis (Tabela 17).

Além de avaliar a massa seca de nódulos em relação ao número de nódulos, é importante também considerar a porcentagem de nódulos ativos, visto que um elevado acúmulo de massa seca de nódulos pode estar relacionado com alto valor de número de nódulos, porém pequenos e sem atividade simbiótica (Andraus, 2014).

Nesse estudo, não foram avaliados a porcentagem de nódulos ativos, mas o cultivo de feijoeiro-comum inoculado com rizóbio apresentou maiores valores de número de nódulos e massa fresca da parte aérea em relação ao cultivo sem inoculação.

Tabela 17. Coeficientes de correlação simples (r) entre as variáveis analisadas, teor de clorofila (TC), número de nódulos (NN), massa fresca da parte aérea (MF), massa seca da parte aérea (MS), massa seca de raiz (MSR), massa seca de nódulos (MSN) e nitrogênio total (NT) do feijoeiro-comum. Ceres - GO, 2015.

Variáveis	TC	NN	MF	MS	MSR	MSN	NT
TC	1,00	-	-	-	-	-	-
NN	0,02	1,00	-	-	-	-	-
MF	0,25	0,09	1,00	-	-	-	-
MS	0,21	0,11	0,94	1,00	-	-	-
MSR	0,03	-0,07	0,56	0,60	1,00	-	-
MSN	0,03	0,80	0,03	0,03	-0,10	1,00	-
NT	0,19	-0,13	0,32	0,17	0,06	-0,09	1,00

O tratamento inoculado foi contrastado com as testemunhas absoluta e nitrogenada. Na análise de contraste, observou-se que não houve efeitos significativos para o contraste entre o tratamento inoculado e as testemunhas nitrogenada (ausência de palhada e de inoculação + adubação nitrogenada) e absoluta (ausência de palhada, de inoculação e de adubação nitrogenada) (Tabela 18).

Tabela 18. Resumo da análise de variância dos contrastes com os valores de F para número de nódulos e massa fresca da parte aérea do feijoeiro-comum. Ceres - GO, 2015.

Contraste	Número de nódulos	Massa fresca da parte aérea
1 com 2 ⁺	2,23 ^{ns}	1,93 ^{ns}
1 com 3	0,64 ^{ns}	1,21 ^{ns}

**significativo (p < 0,01). *significativo (p < 0,05). ^{ns}não significativo.

⁺1-Tratamento com inoculação; 2-Testemunha nitrogenada; 3-Testemunha absoluta.

O cultivo de feijoeiro-comum com adubação nitrogenada não influenciou na nodulação. Os cultivos com o tratamento inoculado e com a testemunha absoluta apresentaram o mesmo acúmulo de massa fresca da parte aérea em relação à testemunha nitrogenada. Esse resultado mostra que, tanto a inoculação com estirpes comerciais quanto as estirpes nativas, foram eficientes no crescimento das plantas. Araújo et al. (2007) encontraram resultados semelhantes na avaliação do desenvolvimento das plantas, onde não houve alteração significativa entre os tratamentos com inoculação, adubação nitrogenada e testemunha absoluta.

Nas condições desse estudo, é viável a utilização de estirpes de rizóbios em substituição à adubação nitrogenada para obter ganho de matéria fresca da parte aérea, pois esses tratamentos não diferiram entre si.

Os componentes de produtividade não foram passíveis de avaliação. O plantio tardio do feijoeiro-comum na área de Ceres-GO provocou alta taxa de queda de flores e abortamento das vagens em razão das temperaturas médias atingirem até 40 °C, no período da floração.

A temperatura média ótima para cultivo do feijoeiro-comum varia entre 20 °C a 30 °C (Thung et al., 2004). Segundo Silva & Steinmetz (2003), o elemento climático que mais exerce influência sobre a porcentagem de vingamento de vagens é a temperatura. O efeito prejudicial das altas temperaturas recaem sobre o florescimento e a frutificação do feijoeiro. Desse modo, o rendimento da cultura foi prejudicado devido ao período de floração coincidir com os dias de temperaturas elevadas.

Massignam et al. (1998) observaram que houve uma redução acentuada no rendimento de grãos do feijoeiro em temperaturas acima de 28 °C. Segundo estes autores, a época de semeadura do feijoeiro deve ser realizada no período em que a floração não coincida com a ocorrência de temperaturas superiores a 28 °C.

Além disso, foram detectadas doenças causadas por fungos que levaram à morte expressiva das plantas e, conseqüentemente, acarretaram a não obtenção da produção.

5 CONCLUSÕES

As épocas de dessecação das plantas de cobertura não influenciaram o desempenho agrônômico do feijoeiro-comum.

As plantas de cobertura influenciaram o desempenho do feijoeiro-comum. Na área de Santo Antônio de Goiás-GO, o cultivo sobre braquiária brizanta, braquiária ruziziensis, milheto e pousio aumentaram a produtividade. Na área de Ceres-GO, estas plantas contribuíram para o aumento do número de nódulos na raiz do feijoeiro-comum. Nas condições desse estudo, não é recomendado o uso de crotalária para o cultivo de feijoeiro-comum em plantio direto.

A inoculação influenciou o cultivo de feijoeiro-comum. A utilização de estirpes comerciais de rizóbios promoveu aumento do número de nódulos na raiz do feijoeiro-comum, mostrando eficiência e competitividade com as estirpes nativas do solo.

6 REFERÊNCIAS

AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J. **Produção de sementes sadias de feijão comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoVarzeaTropical/index.htm>>. Acesso em: 18 nov. 2014.

ALCANTARA, R. M. C. M.; ARAÚJO, A. P.; XAVIER, G. R.; ROCHA, M. M.; RUMJANEK, N. G. **Relações entre a contribuição da fixação biológica de nitrogênio e a duração do ciclo de diferentes genótipos de cultivos de leguminosas de grãos**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009. 27 p.

ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. L. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-36, jan. 2001.

AMBROSANO, E. J.; WUTKE, E. B.; AMBROSANO, G. M. B.; BULISANI, E. A.; BORTOLETTO, N.; MARTINS, A. L. M.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; SORDI, G. Efeito do nitrogênio no cultivo de feijão irrigado no inverno. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 53, n. 2-3, p. 338-343, maio 1996.

ANDA – Associação Nacional para Difusão de Adubos. **Principais indicadores do setor de fertilizantes**. São Paulo, 2014. Disponível em: <http://www.anda.org.br/estatistica/Principais_Indicadores_2015.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2015.

ANDRAUS, M. P. **Nodulação de cultivares de feijoeiro-comum influenciada por diferentes ciclos de crescimento**. 2014. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Solo e Água) - Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N.; JUCKSCH, I. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 867-874, out. 2000.

ARAÚJO, F. F.; CARMONA, F. G.; TIRITAN, C. S.; CRESTE, J. E. Fixação biológica de N₂ no feijoeiro submetido a dosagens de inoculante e tratamento químico na semente comparado à adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 4, p. 535-540, mar. 2007.

AVACI, A. B.; COELHO, S. R. M.; NÓBREGA, L. H. P.; ROSA, D. M.; CHRIST, D. Qualidade fisiológica de sementes de feijão envelhecidas em condições de alta temperatura e umidade relativa. **Publicativo UEPG - Ciências Exatas e da Terra, Agrária e Engenharias**, Ponta Grossa, v. 16, n. 1, p. 33-38, abr. 2010.

BARBOSA, C. E. M.; LAZARINI, E.; PICOLI, P. R. F.; FERRARI, S.; ALBERTON, J. V. Análise da matéria seca em culturas de entressafra sob efeito da palha em região de Cerrado e fitossociologia da comunidade infestante. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 12, n. 1, p. 39-50, jan. 2013.

BARROTI, G.; NAHAS, E. População microbiana total e solubilizadora de fosfato em solo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 10, p. 2043-2050, out. 2000.

BINOTTI, F. F. S.; ARF, O.; SÁ, M. E.; BUZZETTI, S.; ALVAREZ, A. C. C.; KAMIMURA, K. M. Fontes, doses e modo de aplicação de nitrogênio em feijoeiro no sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 2, p. 473-481, jan. 2009.

BLISS, F. A. Utilizing the potential for increased nitrogen fixation in common bean. **Plant Soil**, Dordrecht, v. 152, n. 1, p. 157-160, mar. 1993.

BODDEY, R. M.; SÁ, J. C. D. M.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. The contribution of biological nitrogen fixation for sustainable agricultural systems in the tropics. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 29, n. 5-6, p. 787-799, maio 1997.

BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R.; ARGENTA, G. Sistemas consorciados de aveia preta e ervilha comum como cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 897-903, out. 2000.

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

BRAUN-BLANQUET, J. **Fitosociología**: bases para el estudio de las comunidades vegetales. Madrid, 1979. 820 p.

BRITO, L. F.; PACHECO, R. S.; SOUZA FILHO, B. F.; FERREIRA, E. P. B.; STRALIOTTO, R.; ARAÚJO, A. P. Resposta do Feijoeiro Comum à Inoculação com Rizóbio e Suplementação com Nitrogênio Mineral em Dois Biomas Brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 4, p. 981-992, jul. 2015.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap. 07, p. 375-470.

CARDOSO, J. D.; GOMES, D. F.; GOES, K. C. G. P.; FONSECA JÚNIOR, N. S.; DORIGO, O. F.; HUNGRIA, M.; ANDRADE, D. S. Relationship between total nodulation and nodulation at the root crown of peanut, soybean and common bean plants. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 41, n. 8, p. 1760-1763, jun. 2009.

CARVALHO, M. A. C.; SORATTO, R. P.; ALVES, M. C.; ARF, O.; SÁ, M. E. Plantas de cobertura, sucessão de culturas e manejo do solo em feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 659-668, jun. 2007.

CARVALHO, W. P.; CARVALHO, G. J.; ABBADE NETO, D. O.; TEIXEIRA, L. G. V. Desempenho agrônomo de plantas de cobertura usadas na proteção do solo no período de pousio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 2, p. 157-166, fev. 2013.

CIAT - International Center for Tropical Agriculture. **About Beans**. Colômbia, 2015. Disponível em: <<https://ciat.cgiar.org/crops/bean>>. Acesso em: 11 nov. 2015.

CNIDUS. Endosimbiosis (2): Rhizobium, a media camino de organelas celulares. **La ciência y sus demónios**, 2009.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, primeiro levantamento, outubro 2015**. Brasília, 2015. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_10_28_17_24_01_boletim_graos_outubro_2015.pdf>. Acesso em 03 nov. 2015.

DONEDA, A.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; MIOLA, E. C. C.; GIACOMINI, D. A.; SCHIRMANN, J.; GONZATTO, R. Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 06, p. 1714-1723, nov. 2012.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) declara 2016 como o “Ano Internacional dos Pulses”**. Brasília, 2015a. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/7127460/organizacao-das-nacoes-unidas-para-alimentacao-e-agricultura-fao-declara-2016-como-o-ano-internacional-dos-pulses>>. Acesso em: 08 jan 2016.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Impacto Ambiental**. Brasília, 2015b. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao/arvore/CONTAG01_15_20102006143651.html>. Acesso em: 08 jan 2016.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Fixação biológica de nitrogênio**. Brasília, 2015c. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/tema-fixacao-biologica-de-nitrogenio/nota-tecnica>>. Acesso em: 08 jan 2016.

FAGERIA, N. K.; FERREIRA, E. P. B.; MELO, L. C.; KNUPP, A. M. Genotypic differences in dry bean yield and yield components as influenced by nitrogen fertilization and rhizobia. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 45, p. 1583–1604, 2014.

FARIA, S. M.; FRANCO, A. A. **Identificação de bactérias eficientes na fixação biológica de nitrogênio para espécies leguminosas arbóreas**. Documentos, 158. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2002. 16 p.

FERREIRA, E. P. B.; STONE, L. F.; DIDONET, A. D. Green Manure Species and Sowing Time Effects on the Agronomic Performance of Common Bean. **Agronomy Journal**, Madison, v. 105, n. 6, p. 1721-1727, set. 2013.

FERREIRA, E. P. B.; STONE, L. F.; PARTELLI, F. L.; DIDONET, A. D. Produtividade do feijoeiro comum influenciada por plantas de cobertura e sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 15, n. 7, p. 695–701, maio 2011.

FILOSO, S.; MARTINELLI, L. A.; HOWARTH, R. W.; BOYER, E. W.; DENTENER, F. Human activities changing the nitrogen cycle in Brazil. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v. 79, n. 1-2, p. 61-89, maio 2006.

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

GOMES, D. S.; BEVILAQUA, N. C.; SILVA, F. B.; MONQUERO, P. A. Supressão de plantas espontâneas pelo uso de cobertura vegetal de crotalária e sorgo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Pelotas, v. 9, n. 2, p. 206-213, abr. 2014.

HENTZ P.; CARVALHO, N. L.; LUZ, L. V.; BARCELLOS, A. L. Ciclagem de nitrogênio em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Ciência e Natureza**, Santa Maria, v. 36, n. especial II, p. 663-676, abr. 2014.

HOPKINS, W. G. **Introduction to plant physiology**. New York: John Wiley & Sons, 1995. 464 p.

HUNGRIA, E. M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja**: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Documentos, 283. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80 p.

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

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2. ed. 2008. 431 p.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; THUNG, M. **Produção de sementes sadias de feijão comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoVarzeaTropical/manejo_nitrogenio.htm>. Acesso em: 11 nov. 2015.

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; COSTA, J. L. S.; PORTELA, C. **Cultivo do feijoeiro em palhada de braquiária**. Documentos, 157. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 28 p.

KLUTHCOUSKI, J.; FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D.; RIBEIRO, C. M.; FERRARO, L. A. Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 97-104, jan. 2000.

LAMEGO, F. P.; CARATTI, F. C.; REINEHR, M.; GALLON, M.; LUISSANTI, A.; BASSO, C. J. Potencial de supressão de plantas daninhas por plantas de cobertura de verão. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 6, n. 1, p. 97-105, dez. 2015.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Soja**. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/soja>>. Acesso em: 18 nov. 2014.

MASSIGNAM, A. M.; VIEIRA, H. J.; HEMP, S.; FLESCHE, R. D. Ecofisiologia do feijoeiro. II - redução do rendimento pela ocorrência de altas temperaturas no florescimento. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 41-45, abr. 1998.

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

MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades**. Chapecó: Ed. do Autor, 1991. 33p.

MOREIRA, G. B. L.; PEGORARO, R. F.; VIEIRA, N. M. B.; BORGES, I.; KONDO, M. K. Desempenho agrônômico do feijoeiro com doses de nitrogênio em semeadura e cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 8, p. 818-823, maio 2013.

MOTA, E. P. **Fertilizantes nitrogenados de liberação gradual: longevidade e volatilização em ambiente controlado**. 2013. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciências: Solo e Nutrição de Plantas) - ESALQ - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2013.

MOTTA, V. T. **Bioquímica Básica**. Rio de Janeiro: MedBook. 2. ed. 2011. 374 p.

NUNES, U. R.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; SILVA, E. B.; SANTOS, N. F.; COSTA, H. A. O.; FERREIRA, C. A. Produção de palhada de plantas de cobertura e rendimento do feijão em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 943-948, jun. 2006.

PACHECO, L. P.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. A.; ASSIS, R. L.; COBUCCI, T.; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 1, p. 17-25, jan. 2011.

PELEGRIN, R.; 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**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 219-226, jan. 2009.

PEREZ, K. S.; RAMOS, M. L. G.; McMANUS, C. Carbono da biomassa microbiana em solo cultivado com soja sob diferentes sistemas de manejo nos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 6, p. 567-573, jun. 2004.

PIRES, F. R.; ASSIS, R. L.; PROCÓPIO, S. O.; SILVA, G. P.; MORAES, L. L.; RUDOVALHO, M. C.; BÔER, A. C. Manejo de plantas de cobertura antecessoras à cultura da soja em plantio direto. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 2, p. 94-101, mar. 2008.

PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C.; ARMELIN, M. J. A. Qualidade mineral e degradabilidade potencial de adubos verdes conduzidos sobre latossolos, na região tropical de São Carlos, SP, Brasil. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 77, n. 1, p. 89-103, jul. 2002.

REZENDE, C. F. A.; FERNANDES, E. P.; PARTELLI, F. L.; FERREIRA, E. P. B. Feijão: Simbiose nutritiva. **Revista Cultivar**, Pelotas, v. 1, n. 154, p. 12-14, mar. 2012.

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

SANTOS, A. B.; FAGERIA, N. K.; SILVA, O. F.; MELO, M. L. B. Resposta do feijoeiro ao manejo de nitrogênio em várzeas tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 11, p. 1265-1271, nov. 2003.

SILVA, A. A.; GALON, L.; FERREIRA, F. A.; TIRONI, S. P.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. F.; ASPIAZÚ, I.; AGNES, E. L. Sistema de plantio direto na palhada e seu impacto na agricultura brasileira. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 4, p. 496-506, jul. 2009.

SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; ESPINAL, F. S. C.; TRIVELIN, P. C. O. Utilização do nitrogênio da palha de milho e de adubos verdes pela cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. especial, p. 2853-2861, dez. 2008.

SILVA, O. F.; WANDER, A. E. **O feijão-comum no Brasil: passado, presente e futuro**. Documentos, 287. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2014. 63 p.

SILVA, S. C.; STEINMETZ, S. **Cultivo do feijoeiro-comum**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro/cli ma.htm>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

SILVA, T. R. B.; LEMOS, L. B.; TAVARES, C. A. Produtividade e característica tecnológica de grãos em feijoeiro adubado com nitrogênio e molibdênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 5 p. 739-745, maio 2006.

SILVEIRA, P. M.; BRAZ, A. J. B. P.; DIDONET, A. D. Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1083-1087, set. 2003.

SISTI, C. P. J.; SANTOS, H. P.; KOHHANN, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in Southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 76, n. 1, p. 39-58, mar. 2004.

SOUZA, E. F. C.; SORATTO, R. P.; PAGANI, F. A. Aplicação de nitrogênio e inoculação com rizóbio em feijoeiro cultivado após milho consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 4, p. 370-377, abr. 2011.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 83-91, jan. 1999.

STRALIOTTO, R.; TEIXEIRA, M. G.; MERCANTE, F. M. Fixação biológica de nitrogênio. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. **Produção de feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. 305 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2013. 5 ed. 565 p.

TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J.; ANDRADE, M. J. B.; SILVA, C. A.; PEREIRA, J. M. Decomposição e liberação de nutrientes das palhadas de milheto e milheto + crotalária no plantio direto do feijoeiro. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 4, p. 647-653, dez. 2009.

TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J.; SILVA, C. A.; ANDRADE, M. J. B.; PEREIRA, J. M. Liberação de macronutrientes das palhadas de milheto solteiro e consorciado com feijão-de-porco sob cultivo de feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 497-505, mar. 2010.

THUNG, M.; KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. **Produção de sementes sadias de feijão comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. Disponível em:

<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoVarzeaTropical/efeitos_temperatura.htm>. Acesso em: 04 jan. 2016.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 421-428, mar. 2008.

TORRES, J. L. R.; SILVA, M. G. S.; CUNHA, M. A.; VALLE, D. X. P.; PEREIRA, M. G. Produção de fitomassa e decomposição de resíduos culturais de plantas de coberturas no cultivo da soja em sucessão. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 3, p. 247-253, jul. 2014.

VIOLA, R.; BENIN, G.; CASSOL, L. C.; PINNOW, C.; FLORES, M. F.; BORNHOFEN, E. Adubação verde e nitrogenada na cultura do trigo em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 1, p. 90-10, fev. 2013.

WUTKE, E. B.; TRANI, P. E.; AMBROSANO, E. J.; DRUGOWICH, M. I. **Adubação verde no Estado de São Paulo**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral - CATI, 2009. 89 p.