

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA NO FEIJOEIRO EM
SUCESSÃO À GRAMÍNEAS NO CULTIVO DE
INVERNO-PRIMAVERA**

**Camila Baptista do Amaral
Engenheira Agrônoma**

2014

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA NO FEIJOEIRO EM
SUCESSÃO À GRAMÍNEAS NO CULTIVO DE
INVERNO-PRIMAVERA**

Camila Baptista do Amaral

Orientador: Prof. Dr. Leandro Borges Lemos

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

2014

A485d Amaral, Camila Baptista do
Doses de nitrogênio em cobertura no feijoeiro em sucessão à gramíneas no cultivo de inverno-primavera / Camila Baptista do Amaral. -- Jaboticabal, 2014
vii, 44 p. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014
Orientador: Leandro Borges Lemos
Banca examinadora: Márcio José de Santana, Rogério Peres Soratto
Bibliografia

1. *Phaseolus vulgaris*. 2. Adubação nitrogenada. 3. *Urochloa ruziziensis*. 4. *Zea mays*. 5. Sistemas de produção. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 635.652:631.84

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.


CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA NO FEIJOEIRO EM SUCESSÃO
À GRAMÍNEAS NO CULTIVO DE INVERNO-PRIMAVERA

AUTORA: CAMILA BAPTISTA DO AMARAL

ORIENTADOR: Prof. Dr. LEANDRO BORGES LEMOS

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA
(PRODUÇÃO VEGETAL) pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. LEANDRO BORGES LEMOS

Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. ROGERIO PERES SORATTO

Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de
Botucatu


Prof. Dr. MÁRCIO JOSÉ DE SANTANA

Instituto Federal do Triângulo Mineiro / Uberaba/MG

Data da realização: 18 de julho de 2014.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

CAMILA BAPTISTA DO AMARAL - filha de Rosângela Aparecida Baptista do Amaral e Milton José do Amaral, nascida aos 25 de janeiro de 1988, natural de Jaboticabal, interior do estado de São Paulo, Brasil. cursou o ensino fundamental nas Escolas Estaduais “Antônio José Pedrosa” e “Aurélio Arrobas Martins”. Concluiu o ensino médio juntamente com o ensino técnico profissionalizante no “Colégio Técnico Agrícola José Bonifácio” da UNESP de Jaboticabal obtendo o título de Técnico em Agropecuária aos 12 de dezembro de 2005. Atuou como auxiliar de pesquisa na GRAVENA SGS em 2006/2007. Em fevereiro de 2007 ingressou no curso de Agronomia na Universidade Estadual Paulista UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal (FCAV). Como aluna de graduação foi professora voluntária no Cursinho Ativo, ministrando aulas de inglês. Foi Diretora Administrativa e Diretora Financeira da CAP Jr – empresa júnior da FCAV. Foi integrante do GIEU – Grupo de Integração Empresa-Universidade, participando da organização de diversos cursos. Estagiou nas áreas de Topografia, Produção Vegetal e Economia Rural. Obteve o título de Engenheira Agrônoma em fevereiro de 2012. Ingressou no curso de Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal), nível de Mestrado, em agosto de 2012, pela Universidade Estadual Paulista UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal (FCAV), sendo bolsista CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), tendo com orientador o Professor Dr. Leandro Borges Lemos.

“Pouco conhecimento faz com que as pessoas se sintam orgulhosas. Muito conhecimento, que se sintam humildes. É assim que as espigas sem grãos erguem desdenhosamente a cabeça para o Céu, enquanto que as cheias as baixam para a terra.”

Leonardo da Vinci

DEDICO

A Deus, por iluminar meu caminho durante toda minha trajetória e por me permitir ter fé em todos os momentos.

À minha família, em especial aos meus pais Rosangela e Milton e meu irmão Lucas, por todo incentivo, encorajamento e paciência oferecida durante toda minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal – FCAV/UNESP, pelos ensinamentos oferecidos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudos de mestrado.

Ao Professor Dr. Leandro Borges Lemos, pelos importantes ensinamentos e orientação, e por sempre estar disposto a esclarecer minhas dúvidas.

Aos membros da Comissão do Exame Geral de Qualificação Prof. Dr. Renato de Mello Prado e Prof. Dr. Domingos Fornasieri Filho, e aos membros da Banca Examinadora Prof. Dr. Rogério Peres Soratto e Prof. Dr. Márcio José de Santana, pelas valiosas contribuições para melhoria do artigo científico e da dissertação.

Aos docentes do curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal da FCAV/UNESP pela importante contribuição em meu crescimento, tanto como ser humano quanto como pesquisadora.

Ao Prof. Paulo Eduardo Carnier, que gentilmente cedeu parte da área do Colégio Técnico Agrícola “José Bonifácio” para o desenvolvimento do trabalho experimental

Aos funcionários da Fazenda de Ensino e Pesquisa da FCAV, Campus de Jaboticabal, Marcelo Scatolin, Sr. João, Colovatti, Claudiney, Toninho, Paulo, Danilo e Fran, pelo apoio na condução dos trabalhos de campo e pelo companheirismo.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal (Sebastião, Mauro A. Volpe, Faro-Fino, Geraldo, Tito, Mônica, Gabi e Osmar) pelo apoio, ensinamentos e amizade.

Aos colegas de Pós-Graduação, Fábio Luiz Cecchio Mingotte, Jordana de Araújo Flôres, Carolina Cipriano Pinto, Lucas Tadeu Mazza Revolti, Silviane de Santiago, Juciléia Irian dos Santos, Rodolfo Buzzinaro, Fernanda Nunes Bressanin e Marcela Bonafim Marconato, pelas risadas nos momentos de tensão, pelos desabafos no meio dos corredores e pelo auxílio nas horas de dificuldade.

Aos colegas de graduação e do CTA, pela ajuda durante a condução do experimento.

Aos queridos amigos Rafael Bergi e Amanda Zampieri de Almeida, pela amizade de uma vida inteira.

À minha querida avó Esmeralda, pelas orações e novenas.

Aos meus tios César e Maria Eugênia, meus primos Daniel, Gabriela, Tatiana e Tiago, e minha madrinha e tia Marli, pelas palavras de carinho.

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	i
RESUMO.....	ii
ABSTRACT	iii
LISTA DE TABELAS	iv
LISTA DE FIGURAS	vi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. A cultura do feijoeiro.....	3
2.2. Sistema plantio direto e influência das culturas antecessoras sobre o feijoeiro	4
2.3. O nitrogênio no sistema plantio direto	7
2.4. Adubação nitrogenada no feijoeiro.....	8
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1. Caracterização da área experimental.....	11
3.2. Condução das culturas de verão.....	12
3.3. Condução da cultura do feijoeiro.....	13
3.4. Avaliações e análise estatística	14
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5. CONCLUSÕES.....	34
6. REFERÊNCIAS	35

DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA NO FEIJOEIRO EM SUCESSÃO À GRAMÍNEAS NO CULTIVO DE INVERNO-PRIMAVERA

RESUMO – O feijoeiro vem sendo explorado em diversos sistemas de produção, com grande destaque no plantio direto, uma vez que apresenta características agronômicas e comerciais interessantes para esse sistema. Em regiões tropicais, contudo, a maior dificuldade para se obter sucesso neste sistema está na manutenção da palhada, em razão da alta taxa de decomposição nestas regiões. Por este motivo, espécies de alta relação C/N são as mais indicadas para compor o sistema de produção junto ao feijoeiro, a exemplo do milho e da braquiária. Todavia, maior atenção deve ser dada à adubação nitrogenada, uma vez que pode ocorrer imobilização do nitrogênio, que é o elemento requerido em maior quantidade pelo feijoeiro. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro em sucessão à milho e braquiária, em cultivo exclusivo ou em consórcio, no quinto ano de implantação do sistema plantio direto. O experimento foi conduzido em um Latossolo Vermelho eutroférico, textura argilosa, em blocos ao acaso no esquema de parcelas subdivididas, com três repetições. As parcelas foram constituídas de: M+F) cultivo de milho exclusivo no verão e do feijoeiro no inverno-primavera, MB+F) de milho consorciado com braquiária no verão e feijoeiro no inverno-primavera e B+F) braquiária exclusiva no verão e feijoeiro no inverno-primavera. As subparcelas foram constituídas de quatro doses de nitrogênio aplicado em cobertura no feijoeiro, correspondendo a 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N e uma testemunha onde se omitiu o nutriente via adubação de cobertura. Foram avaliadas as características agronômicas do milho (exclusivo e em consórcio), características da palhada das culturas antecessoras ao feijoeiro e características agronômicas e qualidade tecnológica do feijoeiro. O cultivo de milho consorciado com braquiária não afeta a produtividade de grãos. Quando cultivada em sistema exclusivo, a braquiária proporciona a maior quantidade de palha, e as maiores produtividades do feijoeiro são observadas neste sistema de produção (braquiária exclusiva no verão e feijoeiro no inverno-primavera). Em todos os sistemas de produção, a dose de 136 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura proporcionou a máxima produtividade de grãos, influenciada principalmente pelo número de vagens por planta. A adubação nitrogenada aumenta o teor de proteína e o tempo de cozimento dos grãos de feijão.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, adubação nitrogenada, *Urochloa ruziziensis*, *Zea mays*, sistemas de produção.

TOPDRESSED NITROGEN RATES ON COMMON BEAN IN SUCCESSION OF GRASSES ON THE WINTER-SPRING GROWTH

ABSTRACT – The common bean has been explored in different management systems, with emphasis on no-tillage system, since it presents interesting agronomic and commercial characteristics. In tropical regions, however, the greatest difficulty for success in this system is the maintenance of the straw, because of the high rate of decomposition in these regions. For this reason, species of high C/N ratio are the most suitable to render the management system with the common bean, such as corn and brachiaria. However, more attention should be given to nitrogen fertilization, due immobilization process that can occur in no-tillage system. Thus, the aim of this study was to evaluate the influence of topdressed nitrogen fertilization on the irrigated common bean in succession with maize and brachiaria, in single or intercropped grown, under no-tillage system. The experiment was conducted in eutrophic red latosol, loam texture, in split plot design with three replications. The plots consisted of: M + F) exclusive maize in summer and common bean in winter - spring, MB + F) of maize intercropped with brachiaria in summer and common bean in winter - spring and B + F) exclusive brachiaria in summer and common bean winter - spring. The subplots consisted of four topdressed rates of nitrogen, corresponding to 40, 80, 120 and 160 kg ha⁻¹ of N and a witness that was omitted the nitrogen fertilization. Agronomic characteristics of maize (exclusive and intercropped) were evaluated, such as characteristics of the straw of the predecessor crop and agronomic and technological quality of the common bean crop. Intercropped brachiaria does not affect the characteristics of maize, compared to exclusive grown. When grown after brachiaria, the common bean have the highest yield (exclusive brachiaria bean in summer and in winter - spring). In all management systems, 136 kg ha⁻¹ of nitrogen gave the maximum yield, mainly influenced by the number of pods per plant. Nitrogen fertilization increases the protein content and the cooking time of the common bean.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*, nitrogen fertilization, *Urochloa ruziziensis*, *Zea mays*, management systems.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Resultados da análise química do solo (0-20 cm) antes da semeadura do feijoeiro em Jaboticabal-SP, 2013.....12
- Tabela 2. Valores de referência para o tempo de cozimento nos grãos de feijão segundo a escala de Proctor e Watts (1987).....19
- Tabela 3. Teor de N foliar (TNF), teor relativo de clorofila (TC), altura de plantas (AP), altura de inserção da espiga principal (AIEP), diâmetro do colmo (DC), produtividade de grãos (PROD) e índice de colheita (IC) referentes ao milho (M) e milho consorciado com braquiária (MB) em Jaboticabal, 2013.....20
- Tabela 4. Massa de espigas sem palha (MES), diâmetro da espiga (DE), comprimento da espiga (CE), número de fileiras por espiga (NF), número de grãos por fileira (NGF) e massa de mil grãos (MMS) referentes ao milho (M) e milho consorciado com braquiária (MB) em Jaboticabal, 2013.....20
- Tabela 5. Quantidade total (QTP), recobrimento, teor de nitrogênio (TN), teor de carbono (TC) e relação C/N na palhada das culturas de milho (M), consórcio de milho com braquiária (MB) e braquiária (B) antes da semeadura do feijoeiro, em Jaboticabal – SP, 2013.....21
- Tabela 6. Massa seca da parte aérea, acúmulo total de N na parte aérea e teor de N foliar no feijoeiro, em função de sistemas de produção e doses de N em cobertura em Jaboticabal – SP, 2013.....22
- Tabela 7. Número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos do feijoeiro, em função de sistemas de produção e doses de N em cobertura em Jaboticabal – SP, 2013.....25

- Tabela 8. Tempo para máxima hidratação, relação de hidratação, tempo de cozimento e teor de proteína bruta, em função de sistemas de produção e doses de N em cobertura em Jaboticabal – SP, 2013.....29
- Tabela 9. Tempo para máxima hidratação dos grãos (TMAX em hora:minuto) do feijoeiro, conduzido com aplicação de doses de nitrogênio em sucessão à milho exclusivo, consórcio milho + braquiária e braquiária exclusiva, em Jaboticabal - SP, 2013.....29
- Tabela 10. Coeficientes de correlação simples (r) entre as variáveis referentes à palhada proveniente do sistema de produção e o feijoeiro, em Jaboticabal – SP, 2013. Cálculo a partir das médias das variáveis nas palhadas e doses de N testadas, três repetições (n=43).....32
- Tabela 11. Coeficiente de correlação simples (r) entre a massa seca de plantas (MSP), teor de nitrogênio foliar (TNF), acúmulo total de nitrogênio (ATN), número de vagens por planta (VPP), número de grãos por vagem (GPV), massa de cem grãos (MCG), produtividade de grãos (PDG), relação de hidratação (REL), tempo para máxima hidratação (HID), tempo de cozimento (COZ) e teor de proteína bruta (PD) do feijoeiro, em função de doses de N em cobertura, em Jaboticabal – SP, 2013. Cálculo a partir das médias das variáveis nas doses de N testadas, três repetições (n=43).....33

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Precipitação pluvial (mm), temperatura máxima e mínima do ar (°C) a cada 5 dias, de dezembro/2012 a abril/2013 em Jaboticabal-SP, durante o desenvolvimento das culturas de verão. V_E = emergência, V_4 = quarta folha desenvolvida, R_1 = florescimento feminino, R_3 = grão leitoso, R_6 = maturidade fisiológica.13
- Figura 2. Precipitação pluvial (mm), temperatura máxima e mínima do ar (°C) a cada 5 dias, de agosto a novembro/2013 em Jaboticabal-SP, durante o desenvolvimento da cultura do feijoeiro. V_E = emergência, V_{4-4} = quarto trifólio, R_6 = florescimento pleno, R_8 = enchimento de grãos, R_9 = maturidade fisiológica/de colheita.....14
- Figura 3. Massa seca da parte aérea em função da aplicação de doses de N em cobertura no feijoeiro em Jaboticabal-SP, 2013.....23
- Figura 4. Acúmulo de N na parte aérea em função das doses de N aplicadas em cobertura no feijoeiro em Jaboticabal – SP, 2013.....24
- Figura 5. Teor de N foliar em função das doses de N aplicadas em cobertura no feijoeiro em Jaboticabal – SP, 2013.....24
- Figura 6. Número de vagens por planta em função das doses de N aplicadas em cobertura no feijoeiro em Jaboticabal – SP, 2013.....24
- Figura 7. Produtividade de grãos em função das doses de N aplicadas em cobertura no feijoeiro em Jaboticabal – SP, 2013.....26

- Figura 8. Desdobramento da interação entre sistemas de produção e doses de N referente à eficiência agronômica, em função da aplicação de doses de N no feijoeiro em sucessão ao milho exclusivo (●____●), milho consorciado com braquiária (▲-----▲) e braquiária exclusiva (■.....■) em Jaboticabal – SP, 2013.....28
- Figura 9. Tempo de cozimento dos grãos em função das doses de N aplicadas em cobertura no feijoeiro em Jaboticabal – SP, 2013.....30
- Figura 10. Teor de proteína nos grãos em função das doses de N aplicadas em cobertura no feijoeiro em Jaboticabal – SP, 2013.....31

1. INTRODUÇÃO

A agricultura enfrenta uma série de desafios face ao crescimento da população mundial, dentre os quais, produzir alimentos e fibras para atender aos mais de sete bilhões de habitantes sem exaurir os recursos naturais e produzir energia sustentável. A FAO (Food and Agriculture Organization) estima que em 2050, a população mundial passará dos nove bilhões de pessoas, e serão necessários incrementos de mais de um bilhão de toneladas de alimentos para atender tal demanda. Esses fatores, aliados à relativa escassez de área para expansão agrícola, fazem com que seja necessário o aumento da produtividade das culturas, através do melhoramento genético das espécies e, principalmente, adequação das técnicas de manejo. Neste contexto, a adoção de sistemas conservacionistas tem sido cada vez mais discutida no cenário mundial, a exemplo do sistema plantio direto (SPD).

Dentre as culturas exploradas no SPD, o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) tem se destacado principalmente devido às suas características agrônômicas e comerciais que são interessantes para o cultivo no SPD, como ciclo curto que favorece a rotação de culturas, alto potencial produtivo e preço competitivo principalmente no cultivo de inverno-primavera. Todavia, 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 especialmente nas regiões tropicais, devido às condições climáticas de elevada temperatura e umidade. Por este motivo, espécies de alta relação C/N são as mais empregadas para compor o sistema de produção, em virtude da taxa de decomposição ser mais lenta e gradual. Neste âmbito, diferentes sistemas de produção têm sido propostos para compor a rotação/sucessão com o feijoeiro no SPD, a exemplo do cultivo exclusivo de uma cultura granífera (milho, sorgo, arroz) ou consórcio de uma cultura granífera associada a uma forrageira, como a braquiária.

Nos primeiros anos de adoção do SPD, pode haver aumento na taxa de imobilização de nutrientes pela ação dos micro-organismos do solo, especialmente do nitrogênio (N), que por sua vez é o nutriente requerido em maior quantidade pelo feijoeiro. Em razão disso, maior atenção deve ser dada à adubação nitrogenada, pois

além da imobilização pelos micro-organismos do solo, a dose deve ser adequada em função da extração das culturas utilizadas na rotação e/ou sucessão e, neste caso, a dose recomendada estaria defasada, uma vez que foi baseada em uma série de experimentos conduzidos em sistema de preparo convencional do solo. Além disso, o sistema de produção e a adubação nitrogenada podem interferir na qualidade tecnológica do feijão, sendo necessários outros estudos acerca deste tema.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro em sucessão à milho e braquiária, em cultivo exclusivo ou em consórcio, no quinto ano de implantação do SPD, bem como verificar a viabilidade do cultivo do milho consorciado com a braquiária e analisar a quantidade e qualidade da palhada formada em cada sistema de produção.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cultura do feijoeiro

O feijoeiro comum é cultivado em diversos países, como Índia, Brasil, Myanmar, Estados Unidos, Tanzânia e México, que são os maiores produtores mundiais, e em países como Uganda, Camarões e Turquia (FAO, 2012). No Brasil, é cultivado em todo o território nacional e está presente na alimentação diária de 7 em cada 10 brasileiros, sendo importante fonte proteica para a população (MAPA, 2012).

Na safra 2012/2013, o Brasil semeou mais de 3 milhões de hectares de feijão, dividido em três safras: safra das águas (1ª safra), safra da seca (2ª safra) e safra de inverno (3ª safra). A safra da seca teve a maior área plantada, em torno de 1,3 milhões de hectares, enquanto a safra de inverno teve a menor área plantada, com apenas 686 mil hectares. No que diz respeito à produtividade média nacional, a safra das águas atingiu 858 kg ha⁻¹; a safra da seca atingiu 851 kg ha⁻¹; e a safra de inverno teve produtividade de 1.109 kg ha⁻¹ (CONAB, 2014). A produtividade média brasileira está aquém do potencial produtivo das cultivares modernas de feijão, que podem chegar a mais de 2.000 kg ha⁻¹ (FARINELLI; LEMOS, 2010a). São vários os fatores que contribuem para a baixa média de produtividade nacional, incluindo a baixa taxa de utilização de sementes certificadas, uso de cultivares inadequadas, ocorrência de pragas e doenças e, principalmente, a variedade de sistemas em que o feijoeiro é cultivado.

Dentre os sistemas de produção em que o feijoeiro está inserido, destaca-se o cultivo do feijoeiro no SPD, devido à cultura apresentar características agrônômicas e comerciais vantajosas para este sistema, como ciclo curto, fotoperíodo neutro que possibilita o cultivo em várias épocas e alto potencial produtivo (KLUTHCOUSKI; STONE, 2003), obtendo preço competitivo principalmente no cultivo de inverno ou de inverno-primavera.

2.2. Sistema plantio direto e influência das culturas antecessoras sobre o feijoeiro

O SPD é um sistema de produção conservacionista que tem como fundamentos o não revolvimento do solo, manter cobertura permanente na superfície e a rotação de culturas (SALTON et al., 1998). A cobertura atua como colchão, impedindo o impacto das gotas de chuva diretamente sobre o solo e a desagregação das partículas, que é uma das causas da erosão. Além disso, a camada de palha impede o escoamento superficial, diminui a amplitude térmica no solo e auxilia no controle de plantas daninhas, sendo que a recomendação é que 80% do solo permaneça coberto durante a maior parte do ano (CRUZ et al., 2006).

No SPD, a cultura antecessora tem grande influência sobre a produtividade do feijoeiro (SILVEIRA et al., 2005). Oliveira, Carvalho e Moraes (2002) estudaram o cultivo do feijoeiro em sucessão ao milho, sorgo, milheto, feijão-de-porco e mucuna-preta, em cultivo exclusivo ou combinações entre gramíneas e leguminosas, e obtiveram as maiores produtividades de grãos no feijoeiro cultivado após milho, milheto ou sorgo. Nunes et al. (2006) também obtiveram maior produtividade de grãos do feijoeiro em sucessão às gramíneas, quando comparado ao cultivo em sucessão às leguminosas no SPD. Duarte Júnior et al. (2009) avaliaram a produtividade do feijoeiro sobre palha de feijão-de-porco, mucuna preta, sorgo e milheto, e concluíram que houve incremento de 74% na produtividade da cultura quando semeada após milheto, em comparação à produtividade obtida sobre palhada de feijão-de-porco. Desta forma, o uso de gramíneas para compor o sistema de produção junto ao feijoeiro mostra-se vantajoso.

As vantagens no uso das gramíneas como cultura antecessora ao feijoeiro são observadas devido ao equilíbrio entre liberação de nutrientes e persistência da palhada, influenciadas diretamente pela relação C/N de cada resíduo vegetal. Segundo Cantarella et al. (2007), valores de relação C/N entre 12 e 25 favorecem a mineralização e quocientes maiores que 50 favorecem a imobilização, enquanto o equilíbrio entre os dois processos seria atingido entre valores de relação C/N 25 e 30. Neste âmbito, espécies gramíneas como o milho (*Zea mays* subs. *mays*) e a braquiária (*Urochloa spp.*) têm sido as mais indicadas para manutenção do plantio direto na palha, devido à eficiência na liberação de nutrientes e por possuírem maior

persistência sobre a superfície do solo (CALONEGO et al., 2012), viabilizando o plantio direto na palha mesmo em regiões tropicais, onde as condições vigentes de alta umidade e temperatura tornam a taxa de decomposição dos resíduos vegetais elevada (BUTENSCHOEN et al., 2011).

A braquiária é uma forrageira que apresenta estabelecimento rápido, boa cobertura do solo e alta qualidade de forragem (QUEIROZ et al., 2007), características que a tornam excelente opção para uso no SPD, mesmo apresentando relação C/N em torno de 20/1 (TORRES et al., 2005) que favorece a decomposição, fato que é compensado pela quantidade de fitomassa produzida pela forrageira. Kliemann, Braz e Silveira (2006), ao estudarem a taxa de decomposição de diversas plantas de cobertura, observaram que a braquiária em cultivo exclusivo produziu inicialmente 12,4 Mg ha⁻¹ de fitomassa seca, e após 150 dias, a massa seca remanescente foi de 6,4 Mg ha⁻¹, o que corresponde a perdas da ordem de 48%. No caso da braquiária consorciada com o milho, a perda de fitomassa da forrageira foi de 56% no período de 150 dias. A cultura do milho, por sua vez, é considerada como boa opção para o cultivo em consórcio, pois apresenta elevado acúmulo de massa seca nos estádios iniciais, o que favorece seu desenvolvimento em detrimento da forrageira (FREITAS et al., 2008). Além disso, a cultura do milho tem grande importância no cenário econômico/social mundial, sendo o Brasil terceiro maior produtor (USDA, 2014).

Sobre a influência do milho e da braquiária sobre o feijoeiro, Fiorentin et al. (2012), ao avaliarem a resposta do feijoeiro em sucessão ao milho, milho consorciado com braquiária ou braquiária, concluíram que a produtividade do feijoeiro foi maior quando cultivado após milho consorciado com braquiária ou após braquiária. Soratto et al. (2013) utilizaram a cultivar Pérola em sucessão ao milho e milho consorciado com braquiária e observaram que, em área no sexto ano de plantio direto, a maior quantidade de palha proveniente do consórcio entre milho e braquiária contribuiu para diminuição da necessidade de N via adubação, devido à ciclagem do nutriente da forrageira. Sabundjian et al. (2013) verificaram que a maior produtividade do feijoeiro foi obtida após cultivo de milho inoculado com *Azospirillum brasiliensis* consorciado com braquiária.

No SPD, a produtividade do feijoeiro tende a ser maior do que no sistema convencional de cultivo, desde que as necessidades da cultura sejam satisfeitas

(SANTOS et al., 2004). Meira et al. (2005) observaram aumento do número de vagens por planta e da produtividade de grãos, com resposta quadrática à aplicação de N em cobertura. Fornasieri Filho et al. (2007) obtiveram resposta linear da produtividade de grãos em duas cultivares de feijão, perante doses de até 150 kg ha⁻¹ de N. Arf et al. (2008), ao estudarem a resposta do feijoeiro à aplicação de doses até 125 kg ha⁻¹ de N, verificaram resposta dos componentes massa seca da parte aérea, número de vagens por planta e produtividade de grãos, sendo que os dados se ajustaram à função linear.

Em relação à questão alimentar e nutricional, os grãos de feijão apresentam características que tornam seu consumo vantajoso, constituindo importante fonte proteica e energética, com elevado teor de lisina, fibra, ferro, alto conteúdo de carboidratos e presença de vitaminas do complexo B (BORÉM; CARNEIRO, 2006). Para ser aceito pelo mercado consumidor, os grãos de feijão devem possuir características culinárias desejáveis, como tempo de cozimento reduzido e alto teor de proteínas (MESQUITA et al., 2007).

Além das características agrônômicas, o sistema de produção influencia na qualidade tecnológica dos grãos de feijão, que é representada pelo tempo para máxima hidratação, relação de hidratação, teor de proteína e tempo de cozimento. Todavia, são escassos os trabalhos científicos relacionando a influência apenas do sistema de produção sobre tais características. Em um dos poucos trabalhos disponíveis na literatura, Farinelli e Lemos (2010b) verificaram a influência do manejo do solo (preparo convencional ou plantio direto na palha) na produtividade e na qualidade tecnológica dos grãos do feijoeiro em sucessão a aveia preta e milho e concluíram que o sistema de manejo de solo influenciou no tempo de cozimento, que tende a ser menor no feijoeiro cultivado no plantio direto. Fiorentin et al. (2011) estudaram a qualidade dos grãos de feijão quando cultivado em sucessão ao milho exclusivo, milho consorciado com *Urochloa ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva no SPD e observaram que, quanto ao tempo para máxima hidratação, os grãos colhidos sobre palhada de *U. ruziziensis* exclusiva demoraram 16 minutos a mais para atingir a máxima hidratação, quando comparados àqueles colhidos sobre as sucessões utilizando o consórcio e o milho exclusivo.

2.3. O nitrogênio no sistema plantio direto

Em função da adoção do SPD, a dinâmica dos nutrientes pode ser alterada, em especial do N. O N é o elemento mais abundante na atmosfera, sendo este seu reservatório natural. Contudo, a forma presente na atmosfera não está disponível para as plantas, e se faz necessário a transformação do N atmosférico na forma assimilável pelas plantas. Essa transformação pode ser por meio da fixação biológica, da fixação atmosférica, ou ainda por meio da fixação industrial e fabricação dos adubos nitrogenados, em um processo conhecido Haber-Bosch (BUCHANAN; GRUISSEN; JONES, 2000).

Na fase de implantação do SPD, o fenômeno da imobilização tende a ser maior que a mineralização, devido ao aumento da fauna microbiana, e os estoques de N no solo tornam-se baixos em comparação ao sistema convencional de preparo do solo. Vargas e Scholler (1998), ao avaliarem o N proveniente da biomassa microbiana em solo sob preparo convencional e sob plantio direto há 12 anos, concluíram que a quantidade de N imobilizado na biomassa microbiana é maior no SPD. Resultados semelhantes foram encontrados por Lara Cabezas et al. (2005) e Siqueira Neto et al. (2010), que observaram predomínio no processo de imobilização em áreas sob menor tempo de adoção do plantio direto na palha. Já Souza e Melo (2000), ao estudarem o teor de N nas frações da matéria orgânica do solo (MOS) sob diferentes sistemas de produção, concluíram que no SPD, a adição de matéria orgânica pela cultura antecessora promove aumento na quantidade de N potencialmente mineralizável e na fração da MOS solúvel em água, que representa o N assimilável pelas plantas ou em compostos próximos da forma assimilável, enquanto no sistema convencional o processo de mineralização foi aumentado, indicando que no SPD, o N proveniente da matéria orgânica pode não estar prontamente disponível para as plantas devido à imobilização microbiana.

Diante do exposto, é possível inferir que no SPD pode haver dificuldades no manejo da adubação nitrogenada, visto que além da imobilização microbiana, podem ocorrer perdas de N por volatilização devido à ação da urease, enzima que está presente em maior quantidade nos resíduos vegetais do que na superfície do solo. Este processo ocorre principalmente com a uréia $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$, que é o adubo nitrogenado mais utilizado no Brasil devido ao menor custo por unidade de N. Depois

de adicionada ao solo e na presença de umidade, a uréia sofre hidrólise enzimática pela ação da urease e se transforma em carbonato de amônio $[(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3]$ (FENN; MIYAMOTO, 1981), que é um composto altamente instável que se desdobra facilmente em amônia (NH_3) e dióxido de carbono (CO_2) (RODRIGUES; KIEHL, 1986). A amônia formada no processo de dissociação da uréia pode ser perdida por volatilização, e tal fenômeno ocorre principalmente em condições de calor e umidade, onde a atividade da urease é maior (LONGO; MELO, 2005). No SPD, a camada de palha mantém a umidade no solo, e sob temperaturas elevadas, a maior evaporação também pode contribuir para a volatilização da amônia, aumentando as perdas nesse sistema (ROJAS et al., 2012). Desta forma, há necessidade de se adequar a dose de N aplicada em cobertura ao sistema de produção em que o feijoeiro está inserido, pois a exigência da cultura quanto ao N tende a ser maior no SPD (SORATTO; CARVALHO; ARF, 2004).

2.4. Adubação nitrogenada no feijoeiro

Nas espécies leguminosas, a simbiose com bactérias diazotróficas é responsável pela maior parte do fornecimento de N. Todavia, apesar do feijoeiro estabelecer a simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, a quantidade suprida por este processo é insuficiente para atender à demanda total do feijoeiro (BRITO; MURAOKA; SILVA, 2011), sendo necessário o fornecimento de N por meio da adubação. Após a adição do fertilizante no solo, o N tende a passar para a forma orgânica devido à imobilização por parte dos micro-organismos. A passagem do N orgânico para o N-mineral, assimilável pelas plantas, se dá por meio dos processos de aminização (N-orgânico para N-amídico), amonificação (N-amídico para N-amoniacal) e, por fim, nitrificação (N-amoniacal para N-nítrico) (PRADO, 2008).

O N é o nutriente extraído e exportado em maior quantidade pelo feijoeiro (PEREZ et al., 2013), sendo que quantidade superior a 100 kg ha^{-1} de N é requerida para garantir a extração do nutriente associada a altas produtividades no feijoeiro (OLIVEIRA et al., 1996). O N é um elemento muito móvel que tem função estrutural nas plantas, participando da estrutura de aminoácidos, ácidos nucleicos, flavonóides e da clorofila (TAIZ; ZEIGER, 2009), e é absorvido na forma de amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) (MARSCHNER, 1995). A deficiência do N, devido à sua participação na

molécula de clorofila, se manifesta na forma de amarelecimento das folhas mais velhas, enquanto em caso de excesso de N, observa-se coloração verde-escura (PRADO, 2008).

Devido à elevada extração e participação na estrutura da clorofila, o acúmulo de N possui correlação direta com a produção de fitomassa, e conseqüentemente com a produtividade do feijoeiro. Dentro deste contexto, vários trabalhos foram desenvolvidos para avaliar o desempenho produtivo do feijoeiro em relação à adubação nitrogenada, nos quais os resultados mostraram resposta da cultura ao N independente do sistema de preparo do solo (SILVEIRA et al., 2005; SILVA et al., 2006; BINOTTI et al., 2007; FARINELLI; LEMOS, 2010b). Chidi et al. (2001), ao estudarem a aplicação de doses até 75 kg ha⁻¹ de N em cobertura no feijoeiro irrigado, cultivado no sistema convencional, observaram aumento de produtividade apenas nos tratamentos onde foi incorporado material vegetal com alta relação C/N. Sant'Ana et al. (2010) avaliaram cinco doses de N (0, 30, 60, 120 e 240 kg ha⁻¹), aplicadas na forma de uréia no feijoeiro, e constataram que o maior índice de colheita de grãos, que corresponde à relação entre a produção de grãos e a produção de palha + grãos, foi obtido com aplicação de 140 kg ha⁻¹ de N. Em outro trabalho, Souza, Soratto e Pagani (2011) estudaram a aplicação de até 140 kg ha⁻¹ de N no feijoeiro e constaram que a adubação nitrogenada de cobertura, nas doses estudadas, pouco influenciou na produtividade de grãos, apesar de ter aumentado o número de vagens por planta em um dos anos agrícolas estudado. Bernardes et al. (2014) obtiveram resposta quadrática da produtividade de grãos à aplicação de até 150 kg ha⁻¹ de N em cobertura no feijoeiro irrigado, cultivado em sistema convencional de preparo do solo.

No que diz respeito à influência da adubação nitrogenada sobre a qualidade tecnológica dos grãos, tem sido observada correlação positiva entre a adubação nitrogenada e o acúmulo de proteínas nos grãos de feijão (BORDIN et al., 2003). Gomes Junior et al. (2005) observaram valores de 20,1% e 21,4% de proteína bruta nos grãos nas doses de 40 e 80 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Gomes Júnior e Sá (2010) obtiveram resposta linear do teor de proteína bruta no feijoeiro ao incremento das doses de N até 120 kg ha⁻¹. Silva et al. (2006) avaliaram o efeito da adubação com N em cobertura (0, 30, 60 e 120 kg ha⁻¹) na produtividade e na qualidade tecnológica dos grãos de feijão no sistema de plantio direto. A adubação nitrogenada

em cobertura não influenciou a produtividade, mas interferiu no teor de proteína bruta, no tempo de cozimento e no tempo para a máxima hidratação dos grãos, que aumentaram com as doses de N em cobertura.

Em outro trabalho de pesquisa Farinelli e Lemos (2010b) verificaram a influência da adubação nitrogenada em cobertura (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N, fonte uréia) sobre qualidade tecnológica dos grãos de feijão e concluíram que a adubação nitrogenada em cobertura promoveu acréscimo no teor de proteína bruta e ocasionou aumento no tempo para a máxima hidratação dos grãos de feijão até a quantidade de 120 kg ha⁻¹ de N.

Fiorentin et al. (2011) verificaram a qualidade tecnológica do feijoeiro adubado com N em cobertura (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹) e observaram que a dose de N influenciou de forma significativa sobre o tempo para cozimento dos grãos. Vale ressaltar que a qualidade tecnológica é influenciada diretamente pelo fator genético e a interação genótipo x ambiente (CARBONELL et al., 2003; LEMOS et al., 2004; RAMOS JUNIOR et al., 2005, FARINELLI; LEMOS, 2010b), e não só pelo manejo da cultura.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na safra 2012/2013, em área experimental da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) em Jaboticabal – SP, latitude 21°14'33"S, longitude 48°17'10"W, altitude média de 565 metros, clima Aw segundo a classificação de Köppen (tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno), em Latossolo Vermelho eutroférico, textura argilosa (EMBRAPA, 2006). A área experimental está sob plantio direto na palha desde o verão da safra 2008/2009.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com três repetições, em esquema de parcelas subdivididas. As parcelas foram constituídas de: M+F) cultivo de milho exclusivo no verão e do feijoeiro no inverno-primavera, MB+F) de milho consorciado com braquiária no verão e feijoeiro no inverno-primavera e B+F) braquiária exclusiva no verão e feijoeiro no inverno-primavera. As subparcelas foram constituídas de quatro doses de N aplicado em cobertura no feijoeiro, correspondendo a 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N e uma testemunha onde se omitiu o nutriente via adubação de cobertura. A aplicação das doses de N em cobertura foi realizada no estágio V₄₋₄ (quarto trifólio completamente desenvolvido), aos 36 DAE, de acordo com o recomendado por Ambrosano et al. (1997). A distribuição do adubo foi realizada manualmente sobre a palhada das gramíneas, em filete contínuo a 10 cm da linha do feijoeiro, utilizando-se como fonte de N a uréia (46% de N). A uréia foi incorporada ao solo por meio da aplicação de uma lâmina de água de 10 mm imediatamente após a adubação. Cada subparcela foi formada por oito fileiras de 5 m de comprimento, tendo como área útil as seis fileiras centrais, desprezando-se 0,5 m de cada extremidade.

Antes da semeadura do feijoeiro foi feita a análise química do solo na camada 0-20 cm, de acordo com Raij e Quaggio (1983). Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados da análise química do solo (0-20 cm) antes da semeadura do feijoeiro em Jaboticabal-SP, 2013.

Prof.	pH (CaCl ₂)	MO g kg ⁻¹	P (resina) mg dm ⁻³	H + Al	K	Ca	Mg	CTC	V
	---				mmol _c dm ⁻³				%
0-20 cm	5,6	26	55	28	5,1	44	30	107,1	74

3.2. Condução das culturas de verão

A semeadura das culturas de verão foi realizada em 07/12/2012. Na cultura do milho utilizou-se o híbrido simples AG 7088 VTPRO 2. O milho, tanto exclusivo quanto no consórcio, foi semeado mecanicamente no espaçamento de 0,90 m e com 5-6 sementes por metro. No consórcio, a braquiária (*Urochloa ruziziensis* cv. Comum) foi semeada na entrelinha do milho, em fileira dupla e espaçamento de 0,22 m. No sistema de braquiária exclusiva foi utilizado o espaçamento de 0,22 m de entrelinhas e 400 pontos de valor cultural, totalizando 10 kg ha⁻¹ de sementes, sem uso de adubação química. A adubação de semeadura foi constituída por 330 kg ha⁻¹ do formulado comercial 8-28-16.

A adubação de cobertura no milho exclusivo e consorciado foi realizada nos estádios fenológicos V₄ e V₈, aplicando-se 400 kg ha⁻¹ do formulado comercial 20-0-20 e 80 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia, respectivamente. A braquiária exclusiva não recebeu adubação de cobertura.

As condições climáticas vigentes durante a condução das culturas de verão encontram-se na Figura 1. Os elementos meteorológicos utilizados neste trabalho foram extraídos de um conjunto de dados pertencentes ao acervo da área de Agrometeorologia do Departamento de Ciências Exatas. As observações feitas do campus de Jaboticabal são cotadas, digitadas em formato padronizado e é realizada a consistência e controle de qualidade. Em seguida, são obtidas as médias diárias, mensais e anuais.

Após a colheita do milho em 25/05/2013, foi feita dessecação da área experimental com glifosato potássico (1.860 g ha⁻¹ de i.a.) e carfentrazona etílica (40 mL ha⁻¹ de i.a.) em 13/06/2013.

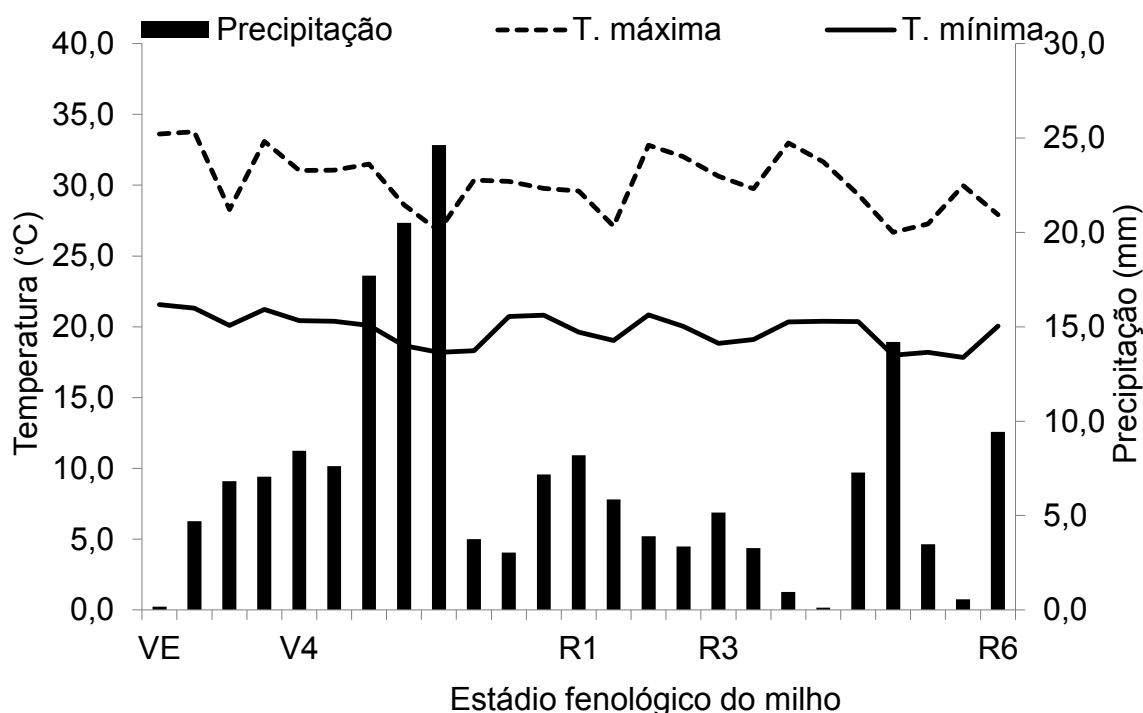


Figura 1. Precipitação pluvial (mm), temperatura máxima e mínima do ar (°C) a cada 5 dias, de dezembro/2012 a abril/2013 em Jaboticabal-SP, durante o desenvolvimento das culturas de verão. V_E = emergência, V₄ = quarta folha desenvolvida, R₁ = florescimento feminino, R₃ = grão leitoso, R₆ = maturidade fisiológica.

3.3. Condução da cultura do feijoeiro

O feijoeiro cultivar IPR Andorinha (hábito de crescimento determinado tipo I, ciclo de 73 dias da emergência à maturação de colheita, grãos do grupo comercial carioca) foi semeado mecanicamente em 02/08/2013, no espaçamento de 0,45 m com 15 sementes por metro de sulco, visando garantir população de 260.000 plantas ha⁻¹. A adubação de semeadura foi constituída de 330 kg ha⁻¹ do formulado comercial 8-28-16.

As sementes do feijoeiro foram previamente tratadas com fungicidas a base de carbendazin + tiran (45+105 g de i.a. 100 kg⁻¹ de sementes) e inseticidas a base de imadacloprido + tiodicarbe (150 + 450 g de i.a. 100 kg⁻¹ de sementes). Aos 31 DAE (dias após emergência) foi realizado controle de plantas daninhas aplicando-se

cletodim (108 g ha⁻¹ de i.a.) e bentazona + óleo mineral (720 g ha⁻¹ de i.a. + 1 L ha⁻¹), aplicados separadamente, e aos 32 DAE foi feita aplicação de piraclostrobina (75 g ha⁻¹ de i.a.) e da mistura tiametoxan + lamba-cialotrina (14,1 + 10,6 g ha⁻¹ de i.a.).

A cultura foi mantida sob irrigação durante todo o ciclo, a fim de atender às exigências de água pela planta ao longo do ciclo, situada em torno de 400 mm (STONE et al., 2006). As condições climáticas vigentes durante a condução do feijoeiro encontram-se na Figura 2.

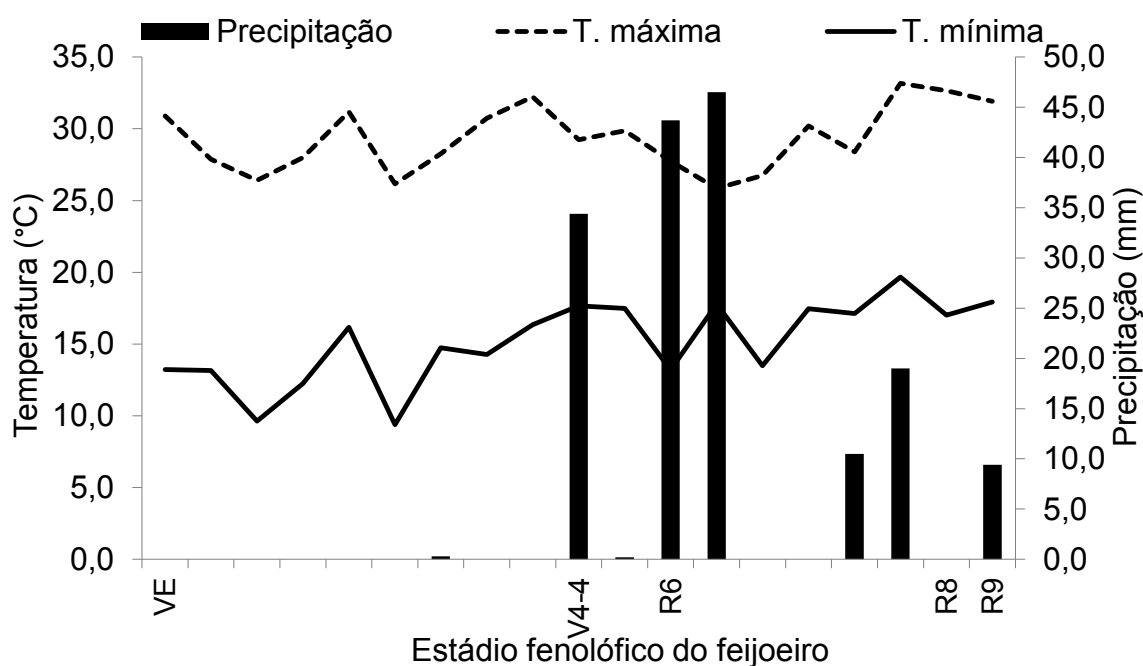


Figura 2. Precipitação pluvial (mm), temperatura máxima e mínima do ar (°C) a cada 5 dias, de agosto a novembro/2013 em Jaboticabal-SP, durante o desenvolvimento da cultura do feijoeiro. VE= emergência, V₄₋₄= quarto trifólio, R₆= florescimento pleno, R₈= enchimento de grãos, R₉= maturidade fisiológica/de colheita.

3.4. Avaliações e análise estatística

Na cultura do milho, tanto exclusivo quanto em consórcio, foram avaliados os seguintes parâmetros:

Teor foliar de N (%): por ocasião do florescimento feminino, foi coletado o terço central de 10 folhas abaixo e opostas à espiga principal em cada subparcela. O

material foi lavado com água corrente, detergente a 1% v/v e água destilada, seco em estufa com circulação forçada de ar a 65° C, e em seguida moído em moinho “tipo Willey” para determinação do teor de N, segundo método descrito por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

Teor relativo de clorofila (mg cm⁻²): durante o florescimento, realizou-se a leitura do teor clorofila, com o aparelho CCM-200, em 10 folhas abaixo e opostas à espiga principal em cada subparcela, sendo feitas três leituras em cada folha. Os dados de leitura foram transformados em teor de clorofila pela equação a seguir (BARNES et al., 1992):

$$y = -0,152 + 0,0996x$$

onde,

y= teor relativo de clorofila (mg cm⁻²)

x= leitura do clorofilometro.

Altura de planta (m): foi determinada por ocasião da maturidade fisiológica em 10 plantas por subparcela, medindo com o auxílio de uma régua graduada a distância entre o colo da planta e a inserção da folha bandeira.

Altura de inserção da espiga principal (m): foi realizada medindo a distância entre o colo da planta e a inserção da espiga principal em 10 plantas tomadas ao acaso, dentro de cada subparcela.

Diâmetro do colmo (mm): foi medido com auxílio de um paquímetro digital no segundo entrenó acima das raízes adventícias, em cinco plantas por subparcela.

Produtividade de grãos (kg ha⁻¹): após a maturidade fisiológica, foi efetuada a colheita das espigas de duas linhas por subparcela, que foram trilhadas mecanicamente e pesadas para determinação da produtividade de grãos, corrigindo-se o grau de umidade para 13% (b.u.).

Índice de colheita: foi determinado como a relação entre a massa seca de grãos e a massa seca total da parte aérea (colmo + folhas + grãos), em cinco plantas na área útil de cada subparcela.

Massa de espiga sem palha (g): determinada por meio da pesagem de cinco espigas despalhadas por subparcela, colhidas na maturação fisiológica.

Diâmetro da espiga (mm): foi medido com auxílio de um paquímetro, na parte mediana de cinco espigas por subparcela.

Comprimento da espiga (cm): medido do ápice até a base das mesmas espigas utilizadas para determinação do diâmetro, com o auxílio de uma régua.

Número de fileiras e número de grãos por fileira: determinados a partir da contagem do número de fileiras e média do número de grãos em duas fileiras, em cinco espigas por subparcela.

Massa de mil grãos (g): obtida por meio da pesagem de 10 amostras de 100 grãos por subparcela.

Aos 7 dias antes da semeadura do feijoeiro, avaliou-se a quantidade total de palha, teor de N, teor de carbono (C), relação C/N e recobrimento na palhada proporcionada pelas culturas antecessoras, conforme descrito a seguir:

Quantidade total de palha (Mg ha⁻¹): foi coletado com o auxílio de um quadrado de 0,25 m² os restos vegetais na superfície do solo, em dois pontos por subparcela. As amostras foram lavadas em água destilada, secas em estufa a 65° C por 72 horas e então pesadas.

Teor de N e teor de C (%): Na mesma amostra coletada para avaliação da quantidade total de palha, determinou-se o teor de carbono pelo método modificado de combustão na mufla (CARMO e SILVA, 2012) e o teor de N pelo método da destilação (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Relação C/N: foi calculada como sendo a razão entre o teor de carbono e de N.

Recobrimento (%): determinado por meio da metodologia proposta por Lafren et al. (1981), que consiste na utilização de um barbante de 15 m de comprimento, graduado com 100 marcações, disposto em “X” dentro da subparcela. O recobrimento é dado pela contagem do número de marcações sobre palhada.

Na cultura do feijoeiro foram realizadas as seguintes avaliações:

Florescimento pleno (dias): foi determinado por meio da contagem do número de dias compreendido entre a emergência das plântulas e a presença da primeira flor aberta em 50% das plantas (FERNÁNDEZ et al., 1985), em toda área útil de cada subparcela experimental

Ciclo (dias): contagem do número de dias entre a emergência de plântulas e a maturidade fisiológica ou maturidade de colheita, em toda área útil de cada subparcela experimental.

Teor de N foliar (%): segundo as recomendações de Ambrosano et al. (1997), foram coletados 30 trifólios com pecíolo, retirados ao acaso do terço médio das plantas dentro de cada subparcela, e foi feita determinação do teor de N conforme descrito anteriormente.

Massa seca da parte aérea (kg ha⁻¹): por ocasião do florescimento pleno (R₆), foram coletadas 10 plantas por subparcela, que foram lavadas e secas em estufa a 65°C por 72 horas, procedendo-se então a pesagem.

Acúmulo de N na parte aérea (kg ha⁻¹): as mesmas plantas utilizadas para determinação da massa seca na parte aérea foram moídas e em seguida foi realizada digestão sulfúrica para determinação do teor de N. O acúmulo de N na parte aérea foi calculado a partir da relação entre massa seca e teor de N na planta inteira.

Vagens por planta e grãos por vagem (nº): no estágio de maturidade fisiológica (R₉) foram coletadas na linha de cultivo, 10 plantas por subparcela para contagem do número de vagens e de grãos.

Massa de 100 grãos (g): na mesma amostra, foi determinada a massa de 100 grãos através da contagem de 4 repetições de 100 grãos por subparcela, corrigido a 13% (base úmida).

Produtividade (kg ha⁻¹): foi obtida por meio do arranquio manual das plantas e trilha mecanizada de quatro linhas de cada subparcela, as quais foram secas a pleno sol, submetidas à pesagem, corrigido a 13% (base úmida).

Eficiência agrônômica (kg kg⁻¹): foi determinada segundo metodologia proposta por Fageria e Baligar (2005), utilizando a equação a seguir:

$$EA = \frac{(PGcf - PGsf)}{QNa}$$

onde,

EA= eficiência agronômica (kg kg⁻¹)

PGcf= produtividade de grãos com fertilizante (kg ha⁻¹)

PGsf= produtividade de grãos sem fertilizante (kg ha⁻¹)

QNa = quantidade de nitrogênio aplicado (kg ha⁻¹).

Tempo para máxima hidratação (horas) e relação de hidratação: foi determinada por meio da metodologia descrita por Durigan (1979). Foram colocadas amostras de 50g de grãos selecionados em béqueres com capacidade de 300 mL, mais 200 mL de água destilada. Durante 18 horas foram feitas avaliações do volume de água não absorvido pelos grãos, vertendo-a do béquer para uma proveta graduada de 500 mL, em intervalos de duas horas. Ao final do tempo previsto para a hidratação, a água foi totalmente drenada e os grãos pesados. A relação de hidratação foi determinada como sendo a razão entre a massa após a hidratação e a massa inicial dos grãos. Foi realizado, também, o estudo de regressão polinomial entre o tempo (horas) e a capacidade de hidratação (mL), visando determinar o tempo necessário para que ocorra a máxima hidratação dos grãos de feijão.

Tempo de cozimento (minutos): foi realizado com o auxílio do cozedor de Mattson, descrito por Durigan (1979), que consta basicamente de 25 estiletes verticais terminados em ponta de 1/16". A ponta fica apoiada no grão de feijão durante o cozimento e, quando o grão encontra-se cozido, a ponta penetra-o e desloca o estilete. O tempo final para cozimento da amostra foi obtido quando 50% + 1, ou seja, 13 estiletes estavam deslocados. Para esta determinação, os grãos foram previamente hidratados com água destilada por 16 horas. Durante a condução do teste a temperatura da água foi constantemente aferida e mantida em 96° C. De acordo com o tempo de cozimento, foi verificado o nível de resistência dos grãos ao cozimento, segundo a escala de Proctor e Watts (1987), descrita na Tabela 2.

Tabela 2. Valores de referência para o tempo de cozimento nos grãos de feijão segundo a escala de Proctor e Watts (1987)¹.

Tempo para cozimento (minutos)	Nível de resistência ao cozimento
< 16	Muito suscetível
16 – 20	Suscetibilidade média
21 – 28	Resistência normal
29 – 32	Resistência média
33 – 36	Resistente
> 37	Muito resistente

¹ Fonte: Proctor e Watts (1987)

Teor de proteína bruta (%): foi determinada através do seguinte cálculo: $PB = N \text{ total} \times 6,25$ (AOAC, 1990) onde: PB = teor de proteína bruta nos grãos e N total = teor de N nos grãos, determinado como descrito anteriormente.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias obtidas em função dos sistemas de produção foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, exceto para a relação C/N. Os efeitos significativos de doses e da interação entre sistema de produção x dose de N foram avaliados por meio de regressão polinomial e realizou-se o estudo de correlação simples entre os caracteres. A significância das regressões polinomiais e das correlações simples foi avaliada pelo teste t. Foi utilizado o *software* estatístico Sisvar®.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na cultura do milho, o teor de N foliar foi superior no cultivo exclusivo, e o valor encontrado situou-se dentro da faixa de 27,5 a 32,5 g kg⁻¹, considerada adequada para a cultura do milho (COELHO et al., 2002), enquanto no consórcio com a braquiária, o teor de N foliar foi de 26,1 g kg⁻¹, inferior ao adequado (Tabela 3). Todavia, o menor teor de N no consórcio não afetou as características avaliadas (Tabela 3 e Tabela 4). Borghi e Crusciol (2007), ao estudarem o consórcio de milho com braquiária (*Urochloa brizantha*) em comparação ao cultivo exclusivo de milho, também observaram que, quando cultivada na entrelinha, a braquiária não afeta as características agrônômicas do milho. Resultados semelhantes foram encontrados por Lara Cabezas e Pádua (2007).

Tabela 3. Teor de N foliar (TNF), teor relativo de clorofila (TC), altura de plantas (AP), altura de inserção da espiga principal (AIEP), diâmetro do colmo (DC), produtividade de grãos (PROD) e índice de colheita (IC) referentes ao milho (M) e milho consorciado com braquiária (MB) em Jaboticabal, 2013⁽¹⁾.

Tratamentos	TNF (g kg ⁻¹)	TC (mg cm ⁻²)	AP (m)	AIEP (m)	DC (mm)	PROD (kg ha ⁻¹)	IC ---
M	29,8	4,7	2,6	1,60	26,4	11.362	0,51
MB	26,1	4,3	2,7	1,66	26,4	10.475	0,51
CV(%)	6,39	17,13	3,03	3,04	0,57	13,07	7,31
Teste F	32,21**	1,79 ^{ns}	10,18 ^{ns}	10,7 ^{ns}	0,95 ^{ns}	2,90 ^{ns}	0,00 ^{ns}

(1) ** - significativo 1% e ^{ns} - não significativo pelo teste F.

Tabela 4. Massa de espigas sem palha (MES), diâmetro da espiga (DE), comprimento da espiga (CE), número de fileiras por espiga (NF), número de grãos por fileira (NGF) e massa de mil grãos (MMS) referentes ao milho (M) e milho consorciado com braquiária (MB) em Jaboticabal, 2013⁽¹⁾.

Tratamentos	MES (g)	DE (mm)	CE (cm)	NF (nº)	NGF (nº)	MMS (g)
M	218	50,2	16,2	18	38	289
MB	208	49,8	15,9	18	36	289
CV (%)	14,11	4,12	4,04	3,56	5,42	4,11
Teste F	0,92 ^{ns}	0,3 ^{ns}	2,06 ^{ns}	0,00 ^{ns}	3,09 ^{ns}	0,01 ^{ns}

(1)^{ns} - não significativo pelo teste F.

Em outro trabalho, Chideroli et al. (2010) avaliaram o desempenho de milho consorciado com três espécies de braquiária (*U. ruziziensis*, *U. brizantha* e *U.*

decumbens) e concluíram que, visando produtividade de grãos e formação de palhada, o consórcio de milho com a *U. ruziziensis* é o mais vantajoso devido à alta ciclagem de nutrientes desta espécie, o que favorece a produção de grãos, e por proporcionar boa produção de palha e adequado recobrimento do solo.

A braquiária exclusiva proporcionou a maior quantidade de palha no momento da semeadura do feijoeiro, enquanto o consórcio e o milho exclusivo resultaram em 27% e 37% a menos de fitomassa, respectivamente (Tabela 1). Todavia, tanto a braquiária quanto o consórcio permitiram recobrimento total do solo, enquanto o milho exclusivo proporcionou recobrimento da ordem de 82%. O recobrimento do solo, preconizado para adoção do plantio direto, impede o impacto das gotas de chuva, diminuindo as perdas de solo por erosão (SILVA et al., 2005) e promove melhorias nos atributos biológicos do solo (SILVA et al., 2007), o que favorece o desenvolvimento das culturas.

A relação C/N da palhada de milho foi muito superior à relação da palhada de braquiária (Tabela 5), caracterizando o milho como material de decomposição mais lenta e gradual. Tal fato pode ser explicado pelo menor teor de N presente na palhada de milho no momento da semeadura do feijoeiro, visto que a maior parte dos restos vegetais era composta pelo colmo da cultura, que contém menor teor de N em comparação às folhas (BORGES et al., 2006). Desta forma, o processo de mineralização estaria ocorrendo apenas no sistema de produção com a braquiária exclusiva.

Tabela 5. Quantidade total (QTP), recobrimento, teor de N (TN), teor de carbono (TC) e relação C/N na palhada das culturas de milho (M), consórcio de milho com braquiária (MB) e braquiária (B) antes da semeadura do feijoeiro, em Jaboticabal – SP, 2013⁽¹⁾.

Tratamentos	QTP (Mg ha ⁻¹)	Recobrimento (%)	TN (%)	TC (%)	Relação C/N ---
Palhada					
M	6,81 c	82 b	0,52 c	39,3 a	76
MB	7,95 b	100 a	1,05 b	37,2 b	35
B	10,87 a	100 a	1,41 a	37,0 b	26
CV (%)	7,66	3,85	12,49	1,02	-
Teste F	153,79**	115,95**	194,29**	158,05**	-

⁽¹⁾Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ** - significativo a 1% pelo teste F.

Na cultura do feijoeiro, o florescimento pleno ocorreu aos 46 DAE e o ciclo estendeu-se até 78 DAE, devido à ocorrência de períodos de frio na emergência das plântulas (V_E) e na fase de folhas cotiledonares abertas (V_2). Nestes períodos, que ocorreram entre 11 a 16/08/2013 e 27 a 29/08/2013, a temperatura mínima do ar ficou abaixo de 10°C, que corresponde à temperatura-base do feijoeiro (WUTKE et al., 2000).

Quanto ao efeito do sistema de produção sobre o feijoeiro, houve diferença significativa na massa seca da parte aérea das plantas (Tabela 6). Sobre palhada de braquiária, tanto em cultivo exclusivo quanto no consórcio, a massa seca da parte aérea acumulada foi de 2.031 e 1.907 kg ha⁻¹, enquanto sobre palhada de milho exclusivo o valor foi de 1.512 kg ha⁻¹, cerca de 23% menor que nos sistemas com braquiária.

Tabela 6. Massa seca da parte aérea, acúmulo total de N na parte aérea e teor de N foliar no feijoeiro, em função de sistemas de produção e doses de N em cobertura em Jaboticabal – SP, 2013⁽¹⁾.

Tratamentos	Massa seca parte aérea (kg ha ⁻¹)	Acúmulo total de N (kg ha ⁻¹)	Teor de N foliar (g kg ⁻¹)
Sistema de produção (P)			
M + F	1.513 b	52,5	43,64
MB + F	1.906 a	64,7	44,89
B + F	2.030 a	65,8	44,75
CV(%)	12,75	19,53	5,34
Dose de N (kg ha ⁻¹) (D)			
0	1.643	52,8	41,83
40	1.802	56,4	43,32
80	1.854	60,8	44,12
120	1.958	68,6	45,83
160	1.825	66,6	47,03
CV (%)	10,89	12,85	2,851
Teste F			
P	20,51**	5,64 ^{ns}	1,24 ^{ns}
D	2,97*	6,59**	23,54**
PxD	0,64 ^{ns}	2,10 ^{ns}	1,22 ^{ns}
Média geral	1.817	59,8	44,43

⁽¹⁾Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ** e * - significativo a 1% e 5%, respectivamente e ^{ns} - não significativo pelo teste F.

A massa seca da parte aérea também foi influenciada pela aplicação do N em cobertura, com efeito quadrático. De acordo com a equação de regressão ajustada

(Figura 3), o máximo acúmulo de massa seca na parte aérea foi alcançado sob a dose de 109 kg ha⁻¹ de N. Sabundjian et al. (2013) obtiveram resultados semelhantes mediante aplicação de 0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹ de N no feijoeiro cultivado sob plantio direto, porém com efeito linear das doses sobre a massa seca, indicando que doses superiores a 90 kg ha⁻¹ são necessárias para se obter o máximo acúmulo de massa seca no feijoeiro.

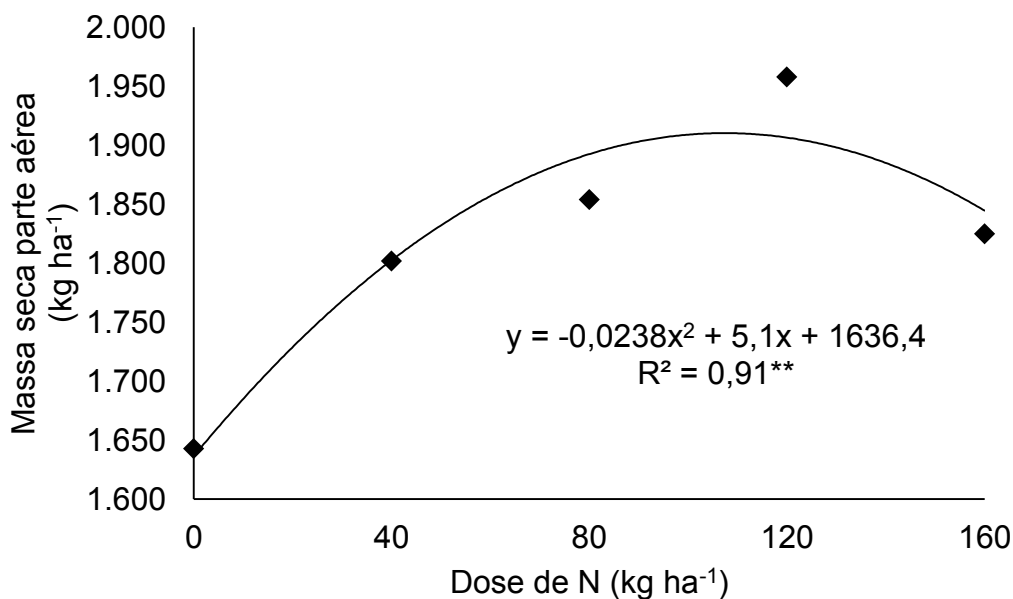


Figura 3. Massa seca da parte aérea em função da aplicação de doses de N em cobertura no feijoeiro em Jaboticabal-SP, 2013. ** - significativo a 1% pelo teste t.

Houve efeito significativo das doses no acúmulo total de N na parte aérea das plantas (Tabela 6), com resposta linear (Figura 4). O N está diretamente relacionado ao teor de clorofila e, por consequência, o maior acúmulo do nutriente nas plantas possibilita ganhos de produtividade. Sant'Ana et al. (2010) avaliaram o efeito de 0, 30, 60, 120 e 240 kg ha⁻¹ de N sobre o teor relativo de clorofila, teor foliar de N e produtividade do feijoeiro em plantio direto, e observaram que as doses de N promoveram efeito linear no teor do nutriente, e resposta quadrática para o teor relativo de clorofila e produtividade.

A aplicação de doses crescentes de N também promoveu aumento linear do teor de N nas folhas (Figura 5). Os valores observados ficaram dentro da faixa de 30-50 g kg⁻¹, considerada adequada para o feijoeiro (AMBROSANO et al., 1997), mesmo sem a aplicação de N em cobertura.

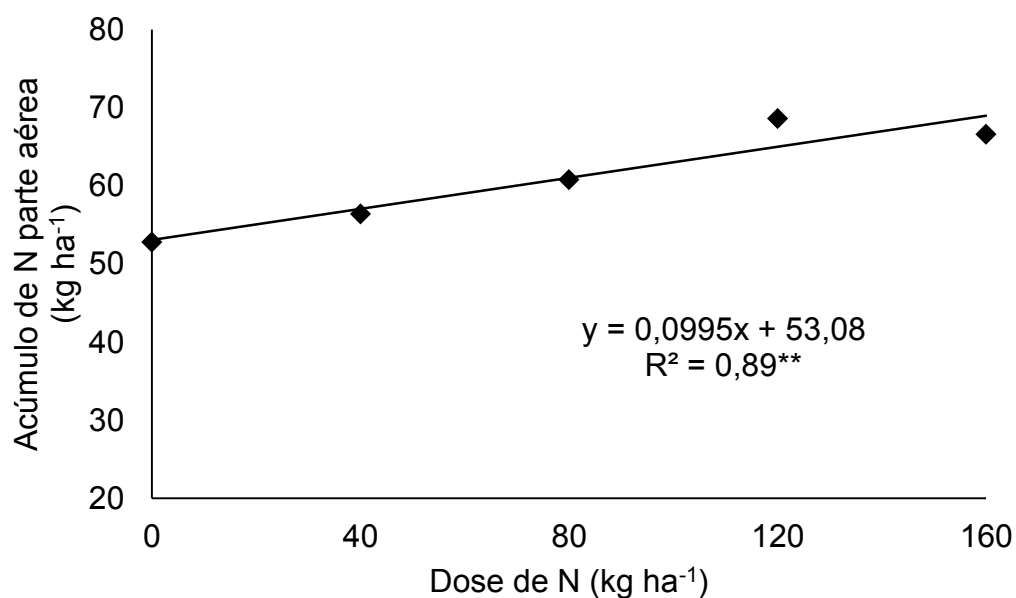


Figura 4. Acúmulo de N na parte aérea e teor de N foliar em função das doses de N aplicadas em cobertura no feijoeiro em Jaboticabal – SP, 2013. ** - significativo a 1% pelo teste t.

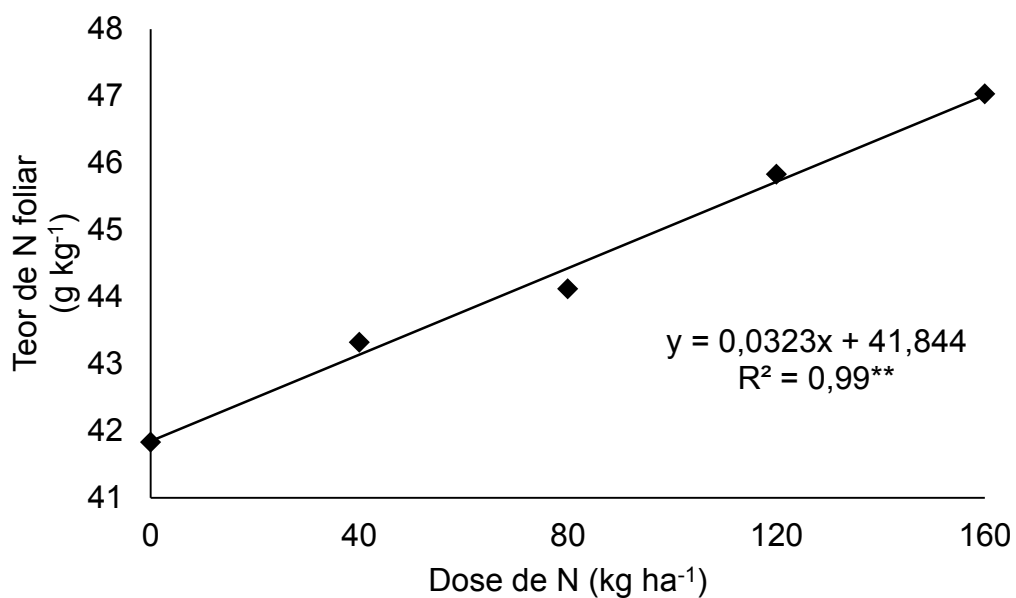


Figura 5. Teor de N foliar em função das doses de N aplicadas em cobertura no feijoeiro em Jaboticabal – SP, 2013. ** - significativo a 1% pelo teste t.

Observou-se que não houve efeito do sistema de produção sobre o número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos, mas a produtividade do feijoeiro diferiu significativamente, sendo cerca de 23% superior no sistema sobre palhada de braquiária exclusiva, em relação à média dos outros sistemas (Tabela 7). Fiorentin et al. (2012) obtiveram resposta semelhante em experimento conduzido em Jaboticabal – SP, onde a produtividade do feijoeiro foi significativamente maior quando em sucessão à braquiária. A maior produtividade de grãos de 2.820 kg ha⁻¹, obtida sobre palhada de braquiária, está relacionada com a quantidade de fitomassa produzida pela forrageira, taxa de recobrimento e, principalmente, elevada capacidade de ciclagem de nutrientes. Pacheco et al. (2011), ao estudarem a produção de fitomassa e ciclagem de nutrientes em diversas plantas de cobertura, concluíram que a espécie *U. ruziziensis* destaca-se no que diz respeito à acumulação e liberação de nutrientes, principalmente N, fósforo e potássio. Além disso, a presença de palhada de braquiária favorece a atividade microbiana no solo (CARVALHO et al., 2013), o que melhora o desenvolvimento do feijoeiro.

Tabela 7. Número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos do feijoeiro, em função de sistemas de produção e doses de N em cobertura em Jaboticabal – SP, 2013⁽¹⁾.

Tratamentos	Vagens por planta (nº)	Grãos por vagem (nº)	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)
Sistema de produção (P)				
M + F	8,6	4,6	25,3	2.235 b
MB + F	9,5	4,6	24,9	2.362 b
B + F	9,4	4,8	24,4	2.820 a
CV(%)	8,54	4,39	4,87	6,39
Dose de N (kg ha ⁻¹) (D)				
0	7,7	4,7	24,9	2.318
40	8,6	4,6	24,8	2.384
80	9,7	4,6	25,3	2.514
120	10,4	4,7	24,8	2.614
160	9,4	4,6	24,3	2.530
CV (%)	15,68	6,10	3,96	9,56
Teste F				
P	5,88 ^{ns}	3,87 ^{ns}	2,29 ^{ns}	56,86 ^{**}
D	4,77 ^{**}	0,31 ^{ns}	1,06 ^{ns}	6,42 ^{**}
PxD	1,61 ^{ns}	1,32 ^{ns}	1,34 ^{ns}	1,49 ^{ns}
Média geral	9,1	4,6	24,9	2.472

⁽¹⁾Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ** - significativo 1% e ^{ns} - não significativo pelo teste F.

Observou-se resposta quadrática do número de vagens por planta (Figura 6) e da produtividade de grãos (Figura 7) ao incremento das doses de N em cobertura. Dessa forma, fica evidente a contribuição do número de vagens por planta no aumento da produtividade de grãos.

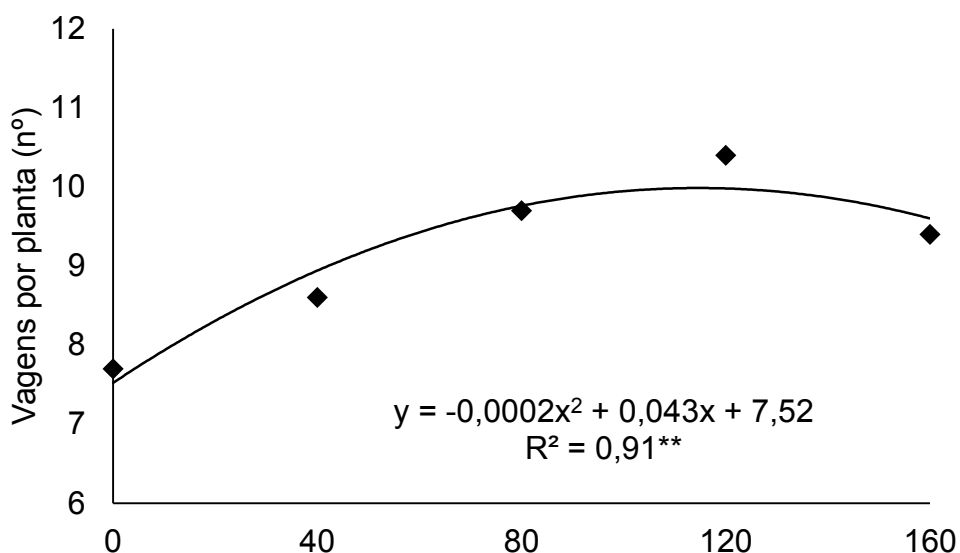


Figura 6. Número de vagens por planta em função das doses de N aplicadas em cobertura no feijoeiro em Jaboticabal – SP, 2013. ** - significativo a 1% pelo teste t.

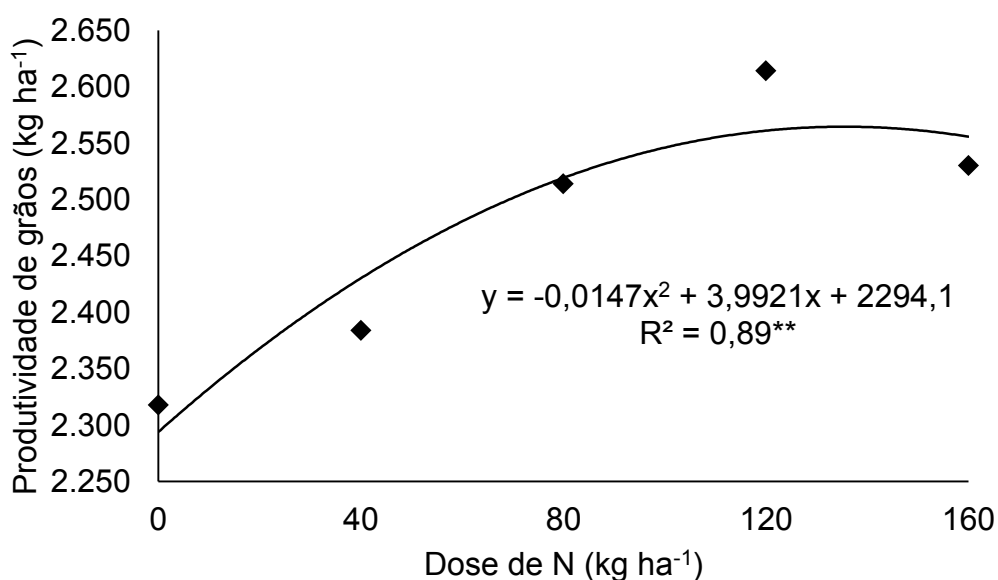


Figura 7. Produtividade de grãos em função das doses de N aplicadas em cobertura no feijoeiro em Jaboticabal – SP, 2013. ** - significativo a 1% pelo teste t.

De acordo com a equação de regressão ajustada, a máxima produtividade de grãos foi de 2.565 kg ha⁻¹, obtida com aplicação de 136 kg ha⁻¹ de N, independente da palhada. Meira et al. (2005), ao estudarem o efeito de doses crescentes de N, também obtiveram resposta quadrática para o número de vagens por planta e número de grãos por vagem. Souza e Soratto (2012) verificaram resposta do feijoeiro às doses de nitrogênio apenas em sucessão ao milho consorciado com *Urochloa brizantha*, sendo a maior produtividade obtida sob aplicação de 113 kg ha⁻¹ de N. Em outro trabalho, Binotti et al. (2010), ao estudarem o efeito de doses até 80 kg ha⁻¹ de N sobre a produtividade do feijoeiro, encontraram resposta linear. Arf et al. (2008) também obtiveram resposta linear da produtividade do feijoeiro à aplicação de até 125 kg ha⁻¹ de N em cobertura, evidenciado que doses superiores a 125 kg ha⁻¹ são necessárias para obtenção da máxima produtividade de grãos da cultura no sistema plantio direto.

Destaca-se também que, mesmo sem aplicação de N em cobertura, o feijoeiro produziu 2.318 kg ha⁻¹, o que representa 8,4% a menos que a produtividade obtida sob a dose de 160 kg ha⁻¹ de N (Tabela 7), bem como teor adequado de N foliar (Tabela 6), o que evidencia os benefícios que o sistema plantio direto e da agricultura conservacionista proporcionam nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo.

A eficiência agrônômica variou em função do sistema de produção e das doses de N aplicadas em cobertura (Figura 8). Os maiores valores foram observados no feijoeiro cultivado em sucessão à braquiária exclusiva, sendo que a máxima eficiência agrônômica, de 4,9 kg de grãos por kg de N, foi obtida mediante aplicação de 104 kg ha⁻¹. No feijoeiro em sucessão ao milho consorciado com braquiária, observou-se diminuição da eficiência agrônômica com o aumento das doses de N, enquanto no sistema composto por milho exclusivo + feijoeiro, foram encontrados os menores valores e a eficiência não foi alterada em função das doses, o que, assim como a produtividade, pode ser atribuído à maior competição dos micro-organismos pelo nutriente durante o processo de decomposição da palhada de milho. Sant'Ana et al. (2011) também observaram diminuição na eficiência agrônômica com o aumento de doses das doses de N, no feijoeiro cultivado sobre palhada de milho consorciado com braquiária (*U. decumbens*).

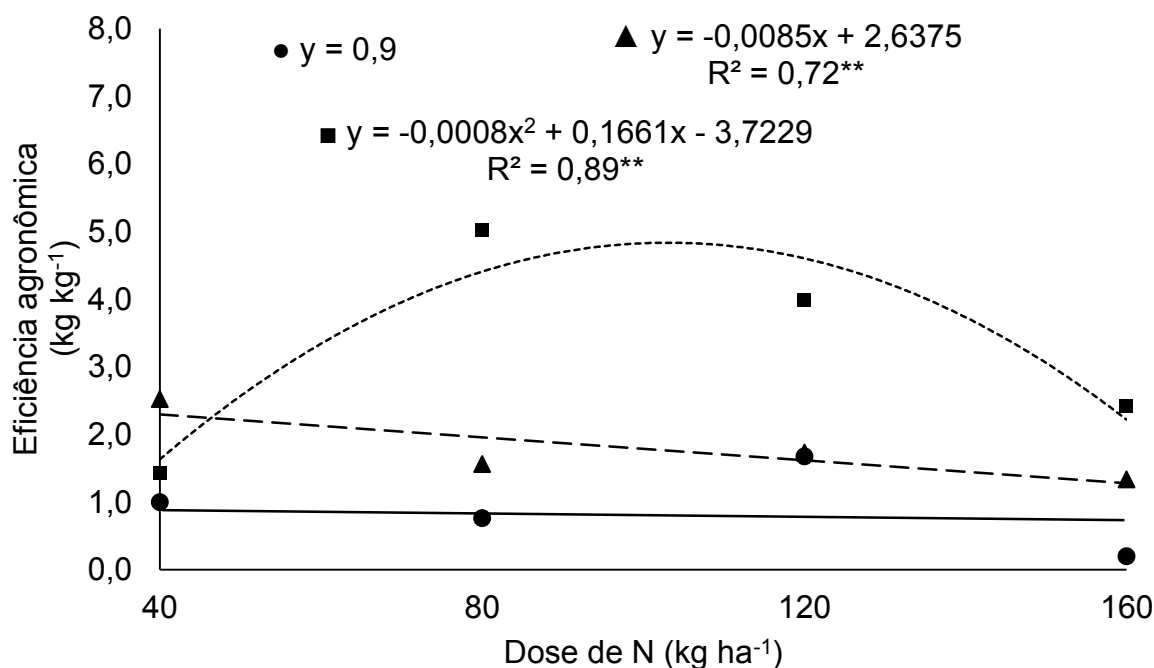


Figura 8. Desdobramento da interação entre sistemas de produção e doses de N referente à eficiência agrônômica, em função da aplicação de doses de N no feijoeiro em sucessão ao milho exclusivo (●____●), milho consorciado com braquiária (▲-----▲) e braquiária exclusiva (■.....■) em Jaboticabal – SP, 2013. ** - significativo a 1% pelo teste t.

Quanto à qualidade tecnológica dos grãos de feijão (Tabela 8), independente do sistema de produção e das doses de N, os grãos absorveram quantidade de água equivalente ao seu peso antes da hidratação, e o tempo para máxima hidratação variou entre 13 e 14 horas. Desta forma, o tempo de hidratação antes do cozimento, de 16 horas, foi adequado para que os grãos atingissem a máxima hidratação, diferentemente da metodologia proposta por Durigan (1979), onde os grãos são hidratados por 12 horas. As equações de regressão, coeficiente de determinação e tempo para máxima hidratação dos sistemas de produção e doses de N encontram-se na Tabela 9.

Tabela 8. Tempo para máxima hidratação, relação de hidratação, tempo de cozimento e teor de proteína bruta, em função de sistemas de produção e doses de N em cobertura no feijoeiro em Jaboticabal – SP, 2013⁽¹⁾.

Tratamentos	Relação de hidratação (---)	Máxima hidratação (h:min)	Tempo de cozimento (min)	Proteína bruta (%)
Sistema de produção (P)				
M + F	2,1	13:56	27	22,6
MB + F	2,1	13:53	28	23,7
B + F	2,1	13:42	28	23,5
CV(%)	2,26	2,92	6,75	3,74
Dose de N (kg ha ⁻¹) (D)				
0	2,1	13:54	26	22,5
40	2,1	13:41	26	22,7
80	2,1	13:38	27	22,4
120	2,1	14:04	29	24,4
160	2,1	14:00	29	24,5
CV (%)	1,71	3,78	6,82	4,84
Teste F				
P	0,70 ^{ns}	0,78 ^{ns}	1,07 ^{ns}	7,27 ^{ns}
D	1,74 ^{ns}	1,00 ^{ns}	6,80 ^{**}	7,93 ^{**}
PxD	0,45 ^{ns}	1,28 ^{ns}	1,07 ^{ns}	1,55 ^{ns}
Média geral	2,1	13:52	28	23,3

⁽¹⁾Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ** - significativo 1% e ^{ns} - não significativo pelo teste F.

Tabela 9. Tempo para máxima hidratação dos grãos (TMAX em hora:minuto) do feijoeiro, conduzido com aplicação de doses de N em sucessão ao milho exclusivo, consórcio milho + braquiária e braquiária exclusiva, em Jaboticabal - SP, 2013.

Tratamentos		Equação de regressão	R ²	TMAX
Sistema de produção	Dose de N (kg ha ⁻¹)			
Milho	0	$y = -0,0001x^2 + 0,1151x + 9,5906$	0,91 ^{**}	13:54
	40	$y = -0,0001x^2 + 0,1105x + 9,6444$	0,90 ^{**}	13:43
	80	$y = -0,0001x^2 + 0,1090x + 8,6241$	0,91 ^{**}	13:52
	120	$y = -0,0001x^2 + 0,1128x + 9,4301$	0,90 ^{**}	13:48
	160	$y = -0,0001x^2 + 0,1054x + 7,8111$	0,92 ^{**}	14:26
Milho + braquiária	0	$y = -0,0001x^2 + 0,1098x + 8,7895$	0,91 ^{**}	13:52
	40	$y = -0,0001x^2 + 0,1123x + 8,2351$	0,93 ^{**}	13:59
	80	$y = -0,0001x^2 + 0,1109x + 9,0372$	0,90 ^{**}	13:32
	120	$y = -0,0001x^2 + 0,1066x + 8,6500$	0,91 ^{**}	14:54
	160	$y = -0,0001x^2 + 0,1160x + 8,4321$	0,92 ^{**}	13:41
Braquiária	0	$y = -0,0001x^2 + 0,1043x + 8,9272$	0,90 ^{**}	13:55
	40	$y = -0,0001x^2 + 0,1116x + 9,2788$	0,90 ^{**}	13:25
	80	$y = -0,0001x^2 + 0,1132x + 9,3199$	0,90 ^{**}	13:32
	120	$y = -0,0001x^2 + 0,1065x + 9,1320$	0,91 ^{**}	14:04
	160	$y = -0,0001x^2 + 0,1104x + 8,5220$	0,92 ^{**}	13:28

** - significativo a 1% pelo teste t.

As doses de N em cobertura tiveram influência sobre o tempo de cozimento dos grãos (Tabela 8), sendo que o modelo ajustou-se à função linear crescente. O aumento das doses promoveu elevação no tempo de cozimento dos grãos com resposta linear (Figura 9). Silva et al. (2006) avaliaram o efeito da adubação com N em cobertura na qualidade tecnológica dos grãos de feijão cultivado no SPD e observaram que o tempo de cozimento aumentou de acordo com as doses de N em cobertura. Nas doses acima de 120 kg ha⁻¹, os grãos de feijão foram classificados como de resistência média ao cozimento, enquanto nas doses inferiores, a classificação é de resistência normal ao cozimento.

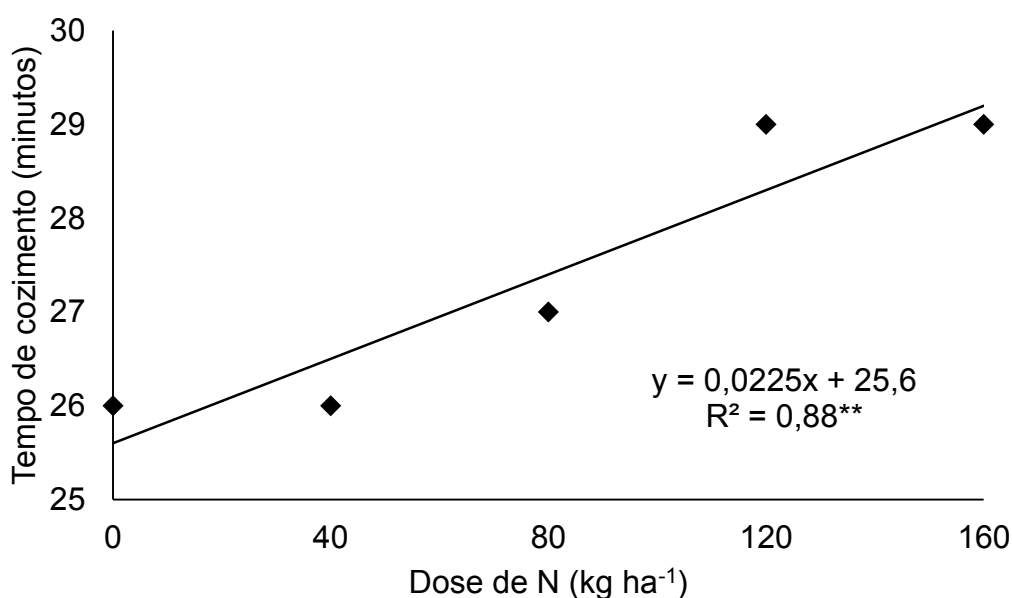


Figura 9. Tempo de cozimento dos grãos em função das doses de N aplicadas em cobertura no feijoeiro em Jaboticabal – SP, 2013. ** - significativo a 1% pelo teste t.

As doses de N também aumentaram o teor de proteína bruta nos grãos, e os resultados ajustaram-se ao modelo linear (Figura 10). Farinelli e Lemos (2010b) verificaram a influência da adubação nitrogenada em cobertura sobre a qualidade tecnológica dos grãos de feijão e concluíram que a aplicação das doses de N em cobertura proporcionou aumento no teor de proteína bruta. Bordin et al. (2003), obtiveram valor de 24,1% de proteína bruta com o emprego de 75 kg ha⁻¹ de N.

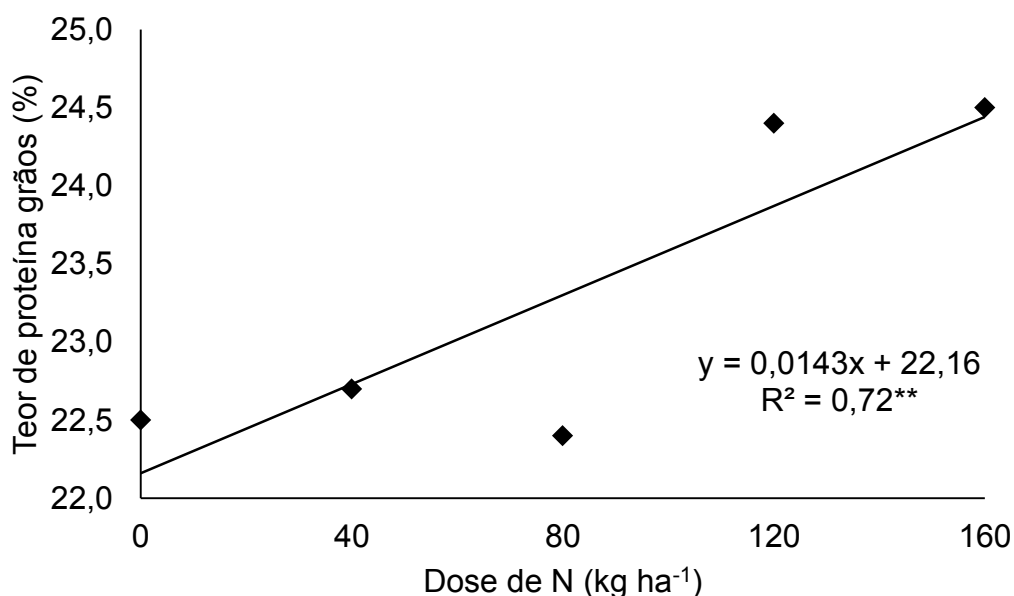


Figura 10. Teor de proteína nos grãos em função das doses de N aplicadas em cobertura no feijoeiro em Jaboticabal – SP, 2013. ** - significativo a 1% pelo teste t.

Quanto ao estudo de correlações, observou-se que a produção de massa seca pelo feijoeiro está mais fortemente correlacionada ao recobrimento proporcionado pela palhada do que com a quantidade total de palha presente na área (Tabela 10), possivelmente pelo microclima favorável nesses sistemas durante o desenvolvimento das plantas, uma vez que o maior recobrimento do solo faz com que a variação de temperatura do solo seja menor e a umidade seja mantida por mais tempo. Stone et al. (2006), ao estudarem o efeito de diferentes palhadas sobre a evapotranspiração do feijoeiro cultivado no SPD, concluíram que tal fenômeno é menor nas plantas cultivadas sobre maior quantidade de palha, especialmente a braquiária. Os autores também observaram que as maiores diferenças de evapotranspiração, em relação às palhadas, são observadas nos estádios iniciais do feijoeiro. Todavia, a produtividade de grãos está mais fortemente correlacionada com a quantidade de palha presente na área na semeadura do feijoeiro.

No que diz respeito ao efeito de doses, foi observada correlação positiva e significativa entre as variáveis produtividade e número de vagens por planta, bem como do acúmulo de N nas plantas, da massa seca e do teor de N foliar com a produtividade de grãos (Tabela 11). Bernardes et al. (2014) também obtiveram

correlação positiva e significativa entre a produtividade do feijoeiro e o teor de N foliar, acúmulo de N e massa seca das plantas, indicando que a adubação nitrogenada melhora o desenvolvimento das plantas, o que é traduzido em ganhos de produtividade.

Tabela 10. Coeficientes de correlação simples (r) entre as variáveis referentes à palhada proveniente do sistema de produção e o feijoeiro, em Jaboticabal – SP, 2013. Cálculo a partir das médias das variáveis nas palhadas e doses de N testadas, três repetições (n=43).

Variável	Quantidade de palha	Recobrimento	Teor de N na palhada
Massa seca parte aérea	0,72**	0,86**	0,81**
Teor de N foliar	0,31*	0,31*	0,34*
Acúmulo total de N	0,47**	0,64**	0,58**
Vagens por planta	0,14 ^{ns}	0,38*	0,28 ^{ns}
Grãos por vagem	0,27 ^{ns}	0,33*	0,48**
Massa de 100 grãos	-0,50**	-0,47**	-0,61**
Produtividade de grãos	0,87**	0,56**	0,78**
Relação de hidratação	0,38**	0,40**	0,38**
Máxima hidratação	-0,07 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,13 ^{ns}
Cozimento	0,23 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,24 ^{ns}
Proteína bruta	0,24 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,32*

** e * - significativo 1% e 5%, respectivamente, e ^{ns} - não significativo pelo teste t.

O aumento no tempo de cozimento está fortemente correlacionado com o teor de proteína bruta nos grãos (Tabela 11), que por sua vez se correlaciona com o teor de N foliar e com o acúmulo de N na parte aérea. Isso ocorre provavelmente porque o N absorvido é incorporado aos esqueletos de carbono, dando origem às proteínas (PRADO, 2008), que são translocadas em grande quantidade para os grãos (PEREZ et al., 2013). O maior acúmulo de N na parte aérea resultaria em maior translocação de proteínas, que tem alto peso molecular (NEVES et al., 2006), para os grãos, o que acarretaria em maior dificuldade no processo de cozimento. Além disso, o teor de proteína bruta se correlaciona positivamente com o tempo para máxima hidratação, indicando que grãos com maior teor de proteínas possuem maior resistência à absorção de água, o que influencia diretamente sobre o tempo de cozimento.

Tabela 11. Coeficiente de correlação simples (r) entre a massa seca de plantas (MSP), teor de N foliar (TNF), acúmulo total de N (ATN), número de vagens por planta (VPP), número de grãos por vagem (GPV), massa de cem grãos (MCG), produtividade de grãos (PDG), relação de hidratação (REL), tempo para máxima hidratação (HID), tempo de cozimento (COZ) e teor de proteína bruta (PB) do feijoeiro, em função de doses de N em cobertura, em Jaboticabal – SP, 2013. Cálculo a partir das médias das variáveis nas doses de N testadas, três repetições (n=43).

Variável	MSP	TNF	ATN	VPP	GPV	MCG	PDG	REL	HID	COZ
MSP	1									
TNF	0,72**	1								
ATN	0,86**	0,94**	1							
VPP	0,97**	0,77**	0,91**	1						
GPV	-0,13 ^{ns}	-0,26 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	1					
MCG	-0,02 ^{ns}	-0,59**	-0,39**	0,01 ^{ns}	0,08 ^{ns}	1				
PDG	0,92**	0,85**	0,97**	0,98**	-0,04 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	1			
REL	0,68**	0,65**	0,69**	0,55**	0,07 ^{ns}	-0,60**	0,57**	1		
HID	0,22**	0,50**	0,55**	0,26 ^{ns}	0,62**	-0,66**	0,40**	0,61**	1	
COZ	0,62**	0,91**	0,91**	0,67**	0,12 ^{ns}	-0,68**	0,78**	0,75**	0,81**	1
PB	0,57**	0,88**	0,87**	0,60**	0,14 ^{ns}	-0,75**	0,72**	0,78**	0,84**	0,99**

** - significativo a 1% e ^{ns} - não significativo pelo teste t.

5. CONCLUSÕES

1. O cultivo de milho consorciado com braquiária não afeta as características agronômicas da cultura, quando comparado ao cultivo exclusivo de milho.

2. As maiores produtividades e eficiências agronômicas do feijoeiro semeado em agosto são obtidas quando cultivado em sistema de produção com a braquiária exclusiva como cultura antecessora, sendo o sistema mais indicado devido à maior quantidade de palha produzida pela braquiária e total recobrimento do solo no momento da semeadura do feijoeiro.

3. No quinto ano de adoção do sistema plantio direto, a dose de 136 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura é suficiente para atingir a máxima produtividade do feijoeiro, independente do sistema de produção, influenciado pelo maior número de vagens por planta.

4. O sistema de produção não tem influência sobre a qualidade tecnológica dos grãos de feijão e a aplicação de nitrogênio em cobertura aumenta o teor de proteína e aumenta o tempo de cozimento dos grãos.

6. REFERÊNCIAS

AMBROSANO, E. J.; TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A.; RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H. Leguminosas e oleaginosas. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. p. 189-203. (IAC. Boletim técnico, 100).

AOAC. Association Of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. 15th ed. Arlington, 1990. 684 p.

ARF, O.; AFONSO, R. J.; ROMANINI JUNIOR, A.; SILVA, M. G.; BUZETTI, S. Mecanismos de abertura do sulco e adubação nitrogenada no cultivo do feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 499-506, 2008.

BARNES, J. D.; BALAGUER, L.; MANRIQUE, E.; ELVIRA, S.; DAVISON, A. W. A reappraisal of the use of DMSO for the extraction and determination of chlorophylls a and b in lichens and higher plants. **Environmental and Experimental Botany**, v. 32, n. 2, p. 85-100, 1992.

BERNARDES, T. G.; SILVEIRA, P. M.; MESQUITA, M. A. M.; CUNHA, P. C. R. Resposta do feijoeiro de outono-inverno a fontes e doses de nitrogênio em cobertura. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 2, p. 458-468, 2014.

BINOTTI, F. F. S.; ARF, O.; ROMANINI JUNIOR, A.; FERNANDES, F. A.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S. Manejo do solo e da adubação nitrogenada na cultura de feijão de inverno e irrigado. **Bragantia**, v. 66, n. 1, p. 121-129, 2007.

BINOTTI, F. F. S.; ARF, O.; CARDOSO, E. D.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S.; NASCIMENTO, V. Fontes e doses de nitrogênio em cobertura no feijoeiro de inverno irrigado no sistema plantio direto. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 5, p. 770-778, 2010.

BORDIN, L.; FARINELLI, R.; PENARIOL, F. G.; FORNASIERI FILHO, D. Sucessão de cultivo de feijão-arroz com doses de adubação nitrogenada após adubação verde, em semeadura direta. **Bragantia**, v. 62, n. 2, p. 235-241, 2003.

BORÉM, A.; CARNEIRO, J.E.S. A cultura. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T.J.; BORÉM, A (Ed.). **Feijão**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. p.13-18.

BORGES, E. A.; FERNANDES, M. S.; LOSS, A.; da SILVA, E. E.; SOUZA, S. R. Acúmulo e remobilização de nitrogênio em variedades de milho. **Revista Caatinga**, v. 19, n. 3, p. 278-286, 2006.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 2, p. 163-171, 2007.

BRITO, M. M. P.; MUROAKA, T.; SILVA, E. C. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão e caupi. **Bragantia**, v. 70, n. 1, p. 206-215, 2011.

BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. **Biochemistry & molecular biology of plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2000. p. 787-799.

BUTENSCHOEN, O.; SCHEU, S.; EISENHAUER, N. Interactive effects of warming, soil humidity and plant diversity on litter decomposition and microbial activity. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 43, p. 1902-1907, 2011.

CALONEGO, J. C.; GIL, F. C.; ROCCO, V. F.; SANTOS, E. A. dos. Persistência e liberação de nutrientes da palha de milho, braquiária e labe-labe. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 5, p 770-781, 2012.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVARES V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do Solo**. 1. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, v. 1, p. 375-470.

CARBONELL, S. A. M.; CARVALHO, C. R. L.; PEREIRA, V. R. Qualidade tecnológica de grãos de genótipo de feijoeiro cultivado em diferentes ambientes. **Bragantia**, v. 62, n. 3, p. 369-379, 2003.

CARMO, D. L.; SILVA, C.A. Métodos de quantificação de carbono e matéria orgânica em resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 4, p. 1211-1220, 2012.

CARVALHO, M. T. M.; MADARI, B. E.; LEAL, W. G. O.; da COSTA, A. R.; MACHADO, P. L. O.; SILVEIRA, P.M. da; MOREIRA, J. A.; HEINEMANN, A. B. Nitrogen fluxes from irrigated common-bean as affected by mulching and mineral fertilization. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 5, p. 478-486, 2013.

CHIDI, S. N.; SORATTO, R. P.; SILVA, T. B. da; ARF, O.; SÁ M. E. de; BUZETTI, S. Nitrogênio via foliar e em cobertura em feijoeiro irrigado. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 5, p. 1391-1395, 2002.

CHIODEROLI, C. A.; MELLO, L. M. M.; GRIGOLLI, P. J.; SILVA, J. O. R.; CESARIN, A. L. Consorciação de braquiárias com milho outonal em plantio direto sob pivô central. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 6, p. 1101-1109, 2010.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E.; PITTA, G. V. E.; ALVES, V. M. C. **Cultivo do milho: diagnose foliar do estado nutricional da planta**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 5 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 45).

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, sexto levantamento, 2014. Brasília: Conab, 2014. 88 p.

CRUZ, J. C.; ALVARENGA, R. C.; NOVOTNV, E. H.; PEREIRA FILHO, I. A.; SANTANA, D. P.; PEREIRA, F. T. F.; HERNANI, L. C. **Cultivo do Milho**. Embrapa Milho e Sorgo. 2ª Edição Dez/2006. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_2ed/mandireto.htm>. Acesso em 10 out. 2012.

DUARTE JÚNIOR, J. B.; VERONA, D. A.; ROSSOL, C. D.; BERTÉ, L. N.; OLIVEIRA, P. R. Produtividade do feijoeiro sobre diferentes adubos verdes em sistema de semeadura direta, em Marechal Cândido Rondon – PR. **Synergismus Scyentifica**, v. 4, n. 1, sp, 2009.

DURIGAN, J. F. **Influência do tempo e das condições de estocagem sobre as propriedades químicas, físico-mecânicas e nutricionais do feijão mulatinho (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1979. 81f. Dissertação (Mestre em Ciência de Alimentos) Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade de Campinas, Campinas, 1979.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. **Advances in Agronomy**, v. 88, n. 03, p. 97-185, 2005.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. 2013. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 31 jul. 2014.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Qualidade nutricional e tecnológica de genótipos de feijão cultivados em diferentes safras agrícolas. **Bragantia**, v.69, n.3, p.759-764, 2010a.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Produtividade, eficiência agrônômica, características nutricionais e tecnológicas do feijão adubado com nitrogênio em plantio direto e convencional. **Bragantia**, v. 69, n. 1, p. 165-172, 2010b.

FENN, L. B.; MIYAMOTO, S. Ammonia loss and associated reactions of urea in calcareous soils. **Soil Science Society of America Journal**. v. 45, p. 537-540. 1981.

FERNÁNDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPEZ, M. **Etapas de desarrollo en la planta del frijol**. In: LÓPEZ, M.; FERNÁNDEZ, F.; SCHOONHOVEN, A. van. Frijol: investigación y producción. Cali: CIAT, p. 61-78, 1985.

FIORENTIN, C. F.; LEMOS, L. B.; JARDIM, C. A.; FORNASIERI FILHO, D. Formação e manutenção de palhada de gramíneas concomitante à influência da adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro irrigado em sistema de semeadura direta. **Bragantia**, v. 70, n. 4, p. 917-924, 2011.

FIORENTIN, C. F.; LEMOS, L. B.; JARDIM, C. A.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro de inverno-primavera em três sistemas de cultivo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 2825-2836, 2012.

FORNASIERI FILHO, D.; XAVIER, M. A.; LEMOS, L. B.; FARINELLI, R. Resposta de cultivares de feijoeiro comum à adubação nitrogenada em sistema de plantio direto. **Científica**, v. 35, n. 2, p. 115-121, 2007.

FREITAS, F. C. L.; SANTOS, M. V.; MACHADO, A. F. L.; FERREIRA, L. R.; FREITAS, M. A. M.; SILVA, M. G. O. Comportamento de cultivares de milho no consórcio com *Brachiaria brizantha* na presença e ausência de foramsulfuron + iodosulfuron-methyl para o manejo da forrageira. **Planta Daninha**, v. 26, n. 1, p. 215-221, 2008.

GOMES JUNIOR, F. G.; LIMA, E. R.; LEAL, A. J. F.; MATOS, F. A.; SÁ, M. E.; HAGA, K. I. Teor de proteína em grãos de feijão em diferentes épocas e doses de cobertura nitrogenada. **Acta Scientiarum**, v. 27, n. 3, p. 455-459, 2005.

GOMES JÚNIOR, F. G.; SÁ, M. E. de. Proteína e qualidade de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em função da adubação nitrogenada em plantio direto. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 1, p. 34-44, 2010.

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. P. B.; SILVEIRA, P. M. da. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho distroférrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 36, n. 1, p. 21-28, 2006.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. Desempenho de culturas anuais sobre palhada de braquiária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003, p. 499-522.

LAFLEN, J. M.; AMEMIYA, A.; HINTZ, E. A. Measuring crop residues cover. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 36, p. 341-343, 1981.

LARA CABEZAS, W. A. R.; ARRUDA, M. R.; CANTARELLA, H.; PAULETTI, V.; TRIVELIN, P. C. O.; BENDASSOLLI, J. A. Imobilização de nitrogênio da uréia e do sulfato de amônio aplicado em pré-semeadura ou cobertura na cultura de milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 2, p. 215-226, 2005.

LARA-CABEZAS, W. A. R.; PÁDUA, R. V. Eficiência e distribuição de nitrogênio aplicado em cobertura na cultura de milho consorciada com *Brachiaria ruziziensis*, cultivada no sistema Santa Fé. **Bragantia**, v. 66, n. 1, p. 131-140, 2007.

LE MOS, L. B.; OLIVEIRA, R. S.; PALOMINO, E. C.; SILVA, T. R. B. Características agronômicas e tecnológicas de genótipos de feijão do grupo comercial carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 4, p. 319-326, 2004.

LONGO, R. M.; MELO, W. J. Atividade da urease em Latossolos sob influência da cobertura vegetal e da época de amostragem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n 4, p. 645-650, 2005.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafós, 2 ed., p. 148-241, 1997.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Saiba mais – Perfil do feijão no Brasil**. sd. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/feijao/saiba-mais>>. Acesso em: 12 out. 2013.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plant**. 2.ed. New York: Academic Press, 1995. 889 p.

MEIRA, F. A.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S.; ARF, O. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado cultivado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 4, p. 383-388, 2005.

MESQUITA, R. F.; CORRÊA, D. A.; ABREU, P. M. C.; LIMA, Z. A. R.; ABREU, B. F. A. Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): Composição química e digestibilidade proteica. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 4, p. 1114-1121, 2007.

NEVES, V. A.; SILVA, S. I.; SILVA, M. A. Isolamento da globulina majoritária, digestibilidade in vivo e in vitro das proteínas do tremço-doce (*Lupinus albus* L.), var. Multolupa. **Food Science and Technology**, v. 26, n. 4, p. 832-840, 2006.

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**, v. 41, n. 6, p. 943-948, 2006.

OLIVEIRA, I. P.; ARAÚJO, R. S.; DUTRA, L. G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O., (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba, Potafós, p. 169-221, 1996.

OLIVEIRA, T. K.; CARVALHO, G. J. de; MORAES, N. S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 8, p. 1079-1087, 2002.

PACHECO, L. P.; BARBOSA, J. M.; LENADRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. A.; ASSIS, R. L. de; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. Produção e ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura nas culturas de arroz de terras altas e de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 1, p. 1787-1799, 2011.

PEREZ, A. A. G.; SORATTO, R. P.; MANZATTO, N. P.; SOUZA, E. F. C. de. Extração e exportação de nutrientes pelo feijoeiro adubado com nitrogênio, em diferentes tempos de implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 5, p. 1276-1287, 2013.

PRADO, R. M. **Nutrição de Plantas**. São Paulo: UNESP, 2008, 407 p.

PROCTOR, J. R.; WATTS, B. M. Development of a modified Mattson Bean Cooker procedure base don sensory panel cookability evaluation. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, v. 20, n. 1, p. 9-14, 1987.

QUEIROZ, D. S.; SALGADO, L. T.; FERNANDES, L. O.; SILVA, E. A. Braquiária (*Brachiaria* spp.). In: PAULA JUNIOR, T. J.; VENZON, M. (Coordenadores). **101 Culturas: Manual de tecnologias agrícolas**. Belo Horizonte: EPAMIG, p.161-174, 2007.

RAIJ, B. Van; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1983, 31 p. (Boletim Técnico, 81).

RAMOS JUNIOR, E. U.; LEMOS, L. B.; SILVA, T. R. B. Componentes da produção, produtividade de grãos e características tecnológicas de cultivares de feijão. **Bragantia**, v. 64, n.1, p. 75-82, 2005.

RODRIGUES, M. B.; KIEHL, J. C. Volatilização de amônia após emprego de uréia em diferentes doses e modos de aplicação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa. n. 10, p. 38-43, 1986.

ROJAS, C. A. L.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WEBER, M. A.; VIEIRO, F. Volatilização de amônia da ureia alterada por sistemas de preparo de solo e plantas de cobertura invernais no Centro-sul do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 1, p. 261-270, 2012.

SABUNDJIAN, M. T.; ARF, O.; KANEKO, F. H.; FERREIRA, J. P. Adubação nitrogenada em feijoeiro em sucessão a cultivo solteiro e consorciado de milho e *Urochloa ruziziensis*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 3, p. 292-299, 2013.

SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; NOVACHINSKI, J. R.; FONTES, C.Z. (Org.). **Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa-SPI; Dourados, MS: Embrapa- CPAO, 1998. 248p. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

SANT'ANA, E. V. P.; SANTOS, A. B. dos; SILVEIRA, P. M. da. Adubação nitrogenada na produtividade, leitura SPAD e teor de nitrogênio em folhas de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 4, p. 491-496, 2010.

SANT'ANA, E. V. P.; SANTOS, A. B.; SILVEIRA, P. M. Eficiência de uso de nitrogênio em cobertura pelo feijoeiro irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p. 458-462, 2011.

SANTOS, R. L. L. dos; CORRÊA, J. B. D.; ANDRADE, M. J. B. de; MORAI, A. R. de. Comportamento de cultivares de feijoeiro-comum em sistema convencional e plantio direto com diferentes palhadas. **Ciência e agrotecnologia**, v. 28, n. 5, p. 978-989, 2004.

SILVA, C. G. da; ALVES SOBRINHO, T.; VITORINO, A. C. T.; CARVALHO, D.F. de. Atributos físicos, químicos e erosão entressulcos sob chuva simulada, em sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 1, p. 144-153, 2005.

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**, v.41, n.5, p.739-745, 2006.

SILVA, M. B da; KLIEMANN, H. J.; SILVEIRA, P. M. da; LANNA, A. C. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 12, p. 1755-1761, 2007.

SILVEIRA, P. M.; BRAZ, A. J. B. P.; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. Adubação nitrogenada no feijoeiro cultivado sob plantio direto em sucessão de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 40, p. 377-381, 2005.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M. C.; VENZKE FILHO, S. P.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C. Mineralização e desnitrificação do nitrogênio no solo sob sistema plantio direto. **Bragantia**, v. 69, n. 4, p. 9223-936, 2010.

SORATTO, R. P.; CARVALHO, M. A. C. de; ARF, O. Teor de clorofila e produtividade do feijoeiro em razão da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 9, p. 895-901, 2004.

SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M.; SOUZA, E. F. C.; SOUZA-SCHLICK, G. D. Produtividade e qualidade dos grãos de feijão em função da aplicação de nitrogênio em cobertura e via foliar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 6, p. 2019-2028, 2011.

SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M.; PILON, C.; CRUSCIOL, C. A. C.; BROGHI, E. Épocas de aplicação de nitrogênio em feijoeiro cultivado após milho solteiro ou consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 10, p. 1351-1359, 2013.

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**, v. 46, n. 4, p. 370-377, 2011.

SOUZA, W. J. O.; MELO, W. J. Teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sob diferentes sistemas de produção de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 4, p. 885-896, 2000.

SOUZA, E. F. C.; SORATTO, R. P. Adubação nitrogenada no feijoeiro após milho safrinha consorciado com *Urochloa brizantha* e *Urochloa ruziziensis*. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 2669-2680, 2012.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da, MOREIRA, J. A.; BRAZ, A. J. B. P. Evapotranspiração do feijoeiro irrigado em plantio direto sobre diferentes palhadas de culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 4, p. 577-582, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J. C.; FABIAN, A. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 4, p. 609-618, 2005.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Grain: World Markets and Trades**. Washington, D.C.: USDA, 2014. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline/circulars/grain.pdf>>. Acesso em: 25 mai 2014.

VARGAS, L. K.; SCHOLLES, D. Nitrogênio da biomassa microbiana, em solo sob diferentes sistemas de manejo, estimado por métodos de fumigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 22, p. 411-417, 1998.

WUTKE, E. B.; BRUNINI, O.; BARBANO, M. T.; CASTRO, J. A. L. de; GALLO, P. B.; KANTHACK, R. A. D.; MARTINS, A. L. M.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; BORTOLETTO, N.; PAULO, E. M.; SAKAI, M.; SAES, L. A.; AMBROSANO, E. J.; CARBONELL, S. A. M.; SILVEIRA, L. C. P. Estimativa de temperatura base e graus-dia para feijoeiro nas diferentes fases fenológicas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 8, n. 1, p. 55-61, 2000.