

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS - FCAV
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**SISTEMAS DE CULTIVO COM MILHO E BRAQUIÁRIA E
NITROGÊNIO EM COBERTURA NO FEIJOEIRO EM
SUCESSÃO NO PLANTIO DIRETO**

Fábio Luíz Checchio Mingotte
Engenheiro Agrônomo

2015

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS - FCAV
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**SISTEMAS DE CULTIVO COM MILHO E BRAQUIÁRIA E
NITROGÊNIO EM COBERTURA NO FEIJOEIRO EM
SUCESSÃO NO PLANTIO DIRETO**

Fábio Luíz Checchio Mingotte

Orientador: Prof. Dr. Leandro Borges Lemos

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

2015

M664s Mingotte, Fábio Luíz Checchio
Sistemas de cultivo com milho e braquiária e nitrogênio em
cobertura no feijoeiro em sucessão no plantio direto / Fábio Luíz
Checchio Mingotte. – – Jaboticabal, 2015
xxi, 101 p. : il. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015
Orientador: Leandro Borges Lemos
Banca examinadora: Domingos Fornasier Filho, Orivaldo Arf,
Rogério Peres Soratto, Aildson Pereira Duarte
Bibliografia

1. *Phaseolus vulgaris* L. 2. *Zea mays* L. 3. *Urochloa ruziziensis*. 4.
Consórcio milho-braquiária. 5. Produtividade de grãos. 6. Eficiência de
uso do nitrogênio. 7. Atributos agronômicos e tecnológicos. I. Título. II.
Jaboticabal - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.84:635.652

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

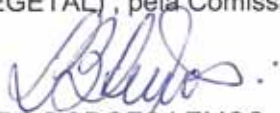
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: SISTEMAS DE CULTIVO COM MILHO E BRAQUIÁRIA E NITROGÊNIO EM COBERTURA NO FEIJOEIRO EM SUCESSÃO NO PLANTIO DIRETO

AUTOR: FABIO LUIZ CHECCHIO MINGOTTE

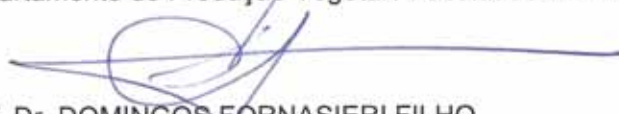
ORIENTADOR: Prof. Dr. LEANDRO BORGES LEMOS

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:



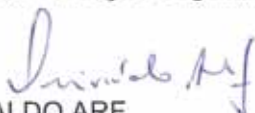
Prof. Dr. LEANDRO BORGES LEMOS

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



Prof. Dr. DOMINGOS FORNASIERI FILHO

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



Prof. Dr. ORIVALDO ARF

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



Prof. Dr. ROGERIO PERES SORATTO

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



Prof. Dr. AILDSON PEREIRA DUARTE

Instituto Agrônomo de Campinas / Campinas/SP

Data da realização: 02 de fevereiro de 2015.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

FÁBIO LUÍZ CHECCHIO MINGOTTE - filho de *Valter Luiz Mingotte* e *Maria Rosa Checchio Mingotte*, nascido aos 11 de abril de 1984, natural de Jaboticabal, interior do estado de São Paulo, Brasil. Kursou o ciclo básico na Escola Estadual de 1º e 2º grau “Nossa Senhora Aparecida” e o ensino fundamental na Escola Estadual “Dr. Joaquim Batista”. Concluiu o ensino médio simultaneamente ao ensino técnico profissionalizante no Colégio Técnico Agrícola “José Bonifácio” da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, campus de Jaboticabal (UNESP/FCAV), obtendo o título de Técnico em Agropecuária em dezembro de 2002. Em março de 2005 ingressou no curso de Agronomia na Universidade Estadual de Londrina (UEL). Como aluno de graduação foi bolsista de iniciação científica, desenvolvendo pesquisas no Departamento de Entomologia Aplicada à Agricultura da UEL. Desenvolveu atividades de iniciação científica na área de melhoramento e genética vegetal do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), sendo bolsista da Fundação Araucária, atuando nos projetos: Caracterização e avaliação do banco ativo de germoplasma de amendoim do IAPAR; Viabilização de matérias primas vegetais para produção e uso de biodiesel no Paraná; Melhoramento genético do feijoeiro. Foi bolsista do PIBIC/CNPq, no projeto: Caracterização de isolados de Begomovirus que afetam o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e seleção de linhagens resistentes, desenvolvido na mesma instituição. Em 2008/09 foi bolsista da Capes pelo programa Brafagri (cooperação Brasil-França) cursando o Cycle d’Etudes Supérieures d’Agronomie Tropicale (ESAT) no Institut des Régions Chaudes, Université Montpellier SupAgro, Montpellier-França. Em março de 2010 ingressou no curso de Mestrado do programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal) da UNESP/FCAV, sendo bolsista do CNPq, supervisionado pelo Professor Dr. *Leandro Borges Lemos*, obtendo o título em 2011. No mesmo ano ingressou no curso de Doutorado em Agronomia (Produção Vegetal), pela mesma instituição e orientação, sendo bolsista da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

“... Eis que o semeador saiu a semear. E, quando semeava, uma parte da semente caiu junto ao caminho, e vieram as aves, e comeram-na; E outra parte caiu em pedregais, onde não havia terra bastante, e logo nasceu, porque não tinha terra profunda; Mas vindo o sol, queimou-se, e secou-se, porque não tinha raiz. E outra caiu entre os espinhos, e os espinhos cresceram, e sufocaram-na. E outra caiu em boa terra, e deu fruto: um a cem, outro a sessenta e outro a trinta. Quem tem ouvidos para ouvir, ouça.”

“Matheus 13:3-9 (Parábola do semeador - Jesus Cristo)”

AGRADEÇO

Primeiramente a *Deus*, por meus sonhos realizados, e pela luz mesmo nos momentos mais difíceis de minha vida, me deu força para vencer as dificuldades...

DEDICO

A meus avós paternos *Marta Pirapelli Mingotte (In memoriam)* e *João Mingotte (In memoriam)* e a meus avós maternos *Hermínia Zanca Checchio* e *Oswaldo Checchio*, pela própria existência e perseverança, além de transmitirem a dignidade de nossos antepassados...

OFEREÇO

À minha família, em especial aos meus pais *Maria Rosa Checchio Mingotte* e *Valter Luiz Mingotte*, pelos valiosos ensinamentos e princípios de vida e por sempre estarem ao meu lado em minhas decisões. À minha irmã *Fabiani Checchio Mingotte*, pelos incentivos que me auxiliaram na busca de meus sonhos. Aos meus estimados padrinhos *Vera Lúcia Mingotte* e *José Carlos Mingotte* e amigos *Célia Maria Sitta Gonçalves de Souza* e *Lauro Gonçalves de Souza*, *Tercílio Sitta (In memoriam)* e *Hermantina Malvestiti Sitta (In memoriam)* que foram acima de tudo, companheiros nessa jornada, dispostos a ajudar no que fosse preciso...

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal (UNESP/FCAV) pela oportunidade e ensinamentos oferecidos;

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela concessão de bolsa de estudos e apoio financeiro (processo nº 2011/07840-9) durante o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa;

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

Aos membros da Comissão Examinadora do Exame Geral de Qualificação, Prof. Dr. Domingos Fornasieri Filho, Prof. Dr. Itamar Andrioli, Prof. Dr. Renato de Mello Prado e Prof. Dr. Gustavo Vitti Moro pelas importantes sugestões que ajudaram na melhoria do artigo científico e do projeto de pesquisa; assim como ao Pesquisador Dr. Aildson Pereira Duarte, Prof. Dr. Orivaldo Arf e Prof. Dr. Rogério Peres Soratto, pelas oportunas observações e sugestões que resultaram no aperfeiçoamento da presente tese;

Aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal) da UNESP/FCAV pela importante contribuição em meu crescimento científico;

Ao Prof. Paulo Eduardo Carnier pela concessão da área do Colégio Técnico Agrícola “José Bonifácio” para a implantação dos experimentos e pelos importantes ensinamentos transmitidos;

Aos pesquisadores do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), Dr. Nelson da Silva Fonseca Júnior e Dra. Vânia Moda-Cirino, pelo fornecimento das sementes

utilizadas no experimento e pelos grandes ensinamentos e entusiasmos transmitidos durante minha iniciação científica;

Aos funcionários da Fazenda de Ensino e Pesquisa e Extensão (FEPE) da UNESP/FCAV, Anderson Danilo Camargo, Antonio Donizeti Ferrari, Claudinei Soares Figueiredo, Francisco Lourenço de Souza, Gilberto do Santos, João Bernardo do Nascimento, Marcelo Scatolin, Tiago de Souza Fieno e Vagner Colovati pelo apoio na condução dos trabalhos de campo;

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal da UNESP/FCAV, Geraldo Mangela de Assis, Julio César Facco, Lázaro José Ribeiro da Silva, Mauro A. Volpe, Mônica R. Ignácio Colovati, Osmar Lúcio Trentin, Rubens Libório e Sebastião Nicoline, pelo apoio e amizade nesses anos de convivência e imensa contribuição nas atividades dos experimentos;

Aos colegas e amigos de Pós-Graduação, em especial a Anselmo Augusto de Paiva Custódio, Antônio Carlos de Almeida Carmeis Filho, Camila Baptista do Amaral, Carolina Cipriano Pinto, Celso Antônio Jardim, Cid Naudi Silva Campos, Jordana Araujo Flores, Pedro Afonso Couto Junior, Stefany Silva de Souza, Tatiana Pagan Loeiro da Cunha; assim como aos colegas estagiários, graduandos em agronomia, Almir Salvador Neto, Edith Garot (convênio Brasil/França - Brafagri, da Université Agrocampus-ouest, França), Fernando Augusto Pessinatti, Filippo Perondi de Santis, Gabriel Vitor Gomes Zamboni, Gustavo Esteves Cambaúva, Henrique Menezes dos Santos, Júlio César Massita Bronzi, Letícia Bernabé Santos, Lucas Nathan Taliante, Matheus Grossi Terceiro, Orlando Ferreira Morello, Raphael C. Faggioni, Vinícius Balieiro Fernandes e estagiários do Colégio Técnico Agrícola “José Bonifácio”, Matheus Landin Romancini, Sérgio Seigi Moriga Júnior e Tales Tubaldini Neves, pelo admirável convívio e importantes contribuições neste trabalho;

Aos queridos amigos dos tempos de Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina (UEL), em especial a Alexandre Peterson Vieira da Silva, Fábio Borba Ferrari, Hegen Shindi Nimi, Leonardo Gozzi Bordini, Luiz

Miguel de Barros, Matheus Santana Gonçalves, Mayra Suemy Ishikawa, Renan Lourenço Godoy, Rômulo Pisa Lollato, Rondineli Pavezzi Barbero, Samuel Trevizoli Baldaccini, Thiago Bertola Borian e Tiago Adalberto de Oliveira Franco Rossetto.

Aos amigos de infância, que estão ao meu lado em todos os momentos, Ciro, Cristiane, Milena, Cristina, Lívia e sua filha Laura, Suelen, Mateus, Tiago, Artur, Waldir Junior, Adiel e, aos amigos Ciro Luis, Beatriz, Tercílio, Ana, George, Inês, Marcela, George Jr., Giulliano, Hesly, Vinícius, Maurício, Adhemar, Guilherme e Rafael.

Aos meus estimados primos Cristiane, Arnaldo Junior, Sophia Akemi, André, Carina, Fernanda, Alessandro, Juarez, Orivaldo, José Carlos, Leandro, Marta, Andreita, Ana Claudia, Carmem, Joel, Carlos, Noemi, André, Alex, Letícia, Marcos A. Júnior, Larissa, Felipe, Rafael, Rodrigo (*in memorian*), Franksuel, Esther, Felipe, Laura, Júlia e Mayumi e, aos tios Fernando, Benedita do Carmo, João, Benedita Antonia, Benedito, Glória Aparecida (*in memorian*), Maria Inês, Marina (*in memorian*), Irene, Osvaldo, João Orlando, Aparecida, Teresa, Regina, Marta, Márcia e Marcelo.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho....

Muito obrigado!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xv
LISTA DE TABELAS	xvi
LISTA DE FIGURAS	xix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Sustentabilidade do sistema plantio direto em áreas de cerrado	3
2.2. Feijoeiro em sucessão a milho e braquiária no sistema plantio direto	8
2.3. Uso e manejo do nitrogênio no feijoeiro em sucessão à gramíneas no sistema plantio direto.....	8
2.4. Atributos tecnológicos dos grãos do feijoeiro em função da adubação nitrogenada em cobertura no sistema plantio direto	15

3. MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1. Características do local e histórico da área.....	20
3.2. Delineamento experimental e tratamentos	20
3.3. Implantação e condução dos experimentos	21
3.4. Avaliações.....	27
3.4.1. Desempenho agrônomo do milho em função do consórcio com <i>U. ruziziensis</i> e do efeito residual dos parcelamentos do nitrogênio em cobertura.....	27
3.4.2. Cobertura vegetal do milho e da <i>U. ruziziensis</i> em função do consórcio e do efeito residual do parcelamento do nitrogênio na cultura antecessora	31
3.4.3. Desempenho agrônomo e viabilidade econômica do feijoeiro em função do parcelamento do nitrogênio em cobertura em sucessão a milho e <i>U. ruziziensis</i>	33
3.4.4. Atributos tecnológicos dos grãos do feijoeiro em função do sistema de cultivo e do parcelamento do nitrogênio em cobertura.....	36
3.5. Análise estatística	39
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40

4.1. Desempenho agronômico do milho em função do consórcio com <i>U. ruziziensis</i> e do efeito residual dos parcelamentos do nitrogênio em cobertura	40
4.2. Cobertura vegetal do milho e da <i>U. ruziziensis</i> em função do consórcio e do efeito residual do parcelamento do nitrogênio na cultura antecessora.....	46
4.3. Desempenho agronômico e viabilidade econômica do feijoeiro em função do parcelamento do nitrogênio em cobertura em sucessão a milho e <i>U. ruziziensis</i>	53
4.4. Atributos tecnológicos dos grãos do feijoeiro em função do sistema de cultivo e do parcelamento do nitrogênio em cobertura	68
5. CONCLUSÕES	77
6. REFERÊNCIAS.....	79

SISTEMAS DE CULTIVO COM MILHO E BRAQUIÁRIA E NITROGÊNIO EM COBERTURA NO FEIJOEIRO EM SUCESSÃO NO PLANTIO DIRETO

RESUMO – O principal desafio na implantação do sistema plantio direto (SPD) em regiões de clima quente e chuvoso no verão e seco no inverno tem sido a formação e manutenção da palhada, levando ao aprofundamento das pesquisas quanto ao uso de gramíneas como milho e braquiária em sistemas de cultivo exclusivos e em consórcio. Nessas regiões, o cultivo irrigado do feijoeiro em sucessão a gramíneas no SPD torna-se vantajoso devido a seu ciclo relativamente curto e elevada rentabilidade na entressafra. Considerando o sistema de produção como um todo, a elevação na quantidade de palhada poderá influenciar na dinâmica do nitrogênio no solo, sendo necessário o aprofundamento das pesquisas quanto à viabilidade econômica da aplicação deste nutriente em sistemas de produção agrícola e seus efeitos no desempenho agrônômico das plantas cultivadas e na melhoria da qualidade dos produtos colhidos. O trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o desempenho agrônômico e a cobertura vegetal proporcionada pelo milho e pela *Urochloa ruziziensis* cultivados exclusivamente e em consórcio, bem como verificar o efeito residual da adubação nitrogenada em cobertura aplicada no feijoeiro antecessor. Objetivou-se também avaliar os efeitos do sistema de cultivo e do parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura no desempenho agrônômico, na viabilidade econômica e nos atributos tecnológicos do feijoeiro em sucessão a milho e *U. ruziziensis* cultivados exclusivamente e em consórcio no SPD. Os experimentos foram conduzidos por dois anos agrícolas (2011/12 e 2012/13), num Latossolo Vermelho eutrófico, em Jaboticabal-SP, sob o delineamento de blocos casualizados, em parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram representadas por três sistemas de cultivo, com as culturas de milho exclusivo, milho consorciado com *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva, todos em sucessão com o feijoeiro irrigado semeado em agosto no SPD. Nas subparcelas, foram arranjados dez tratamentos, compostos por combinações de parcelamento de nitrogênio em cobertura, na dose de 90 kg de N ha⁻¹, via ureia, nos estádios V₃, V₄ e R₅ do feijoeiro, representados por 30+60+00, 60+30+00, 30+00+60, 60+00+30,

00+60+30, 45+45+00, 00+45+45 e 45+00+45, bem como dose única em V₄ (00+90+00) e ausência da aplicação do nutriente em cobertura. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$) e as médias comparadas pelo teste Tukey ($p < 0,05$), realizando-se os desdobramentos das interações significativas entre sistemas de cultivo e parcelamento do nitrogênio em cobertura. A *Urochloa ruziziensis* reduz a produtividade de grãos do milho em consórcio, quando semeados simultaneamente. As características agronômicas e a produtividade de grãos do milho cultivado exclusivamente ou em consórcio com *U. ruziziensis* não são influenciadas pelo residual da adubação nitrogenada em cobertura aplicada no feijoeiro antecedente. Sistemas de cultivo com milho e *U. ruziziensis* exclusivos ou em consórcio promovem formação de palhada, viabilizando a manutenção do SPD com qualidade. A aplicação de nitrogênio em cobertura na dose de 90 kg ha⁻¹ unicamente em V₄ proporciona produtividade de grãos semelhante à observada na ausência do fornecimento do nutriente ao feijoeiro em sucessão a milho e *U. ruziziensis* exclusivos e em consórcio no SPD. A produtividade de grãos do feijoeiro difere entre os sistemas de cultivo e em função do parcelamento do nitrogênio em cobertura, sendo economicamente viável de forma distinta entre as safras avaliadas. O parcelamento do nitrogênio em cobertura aumenta a eficiência agrônômica no uso do nutriente pelo feijoeiro em sucessão a milho e *U. ruziziensis* no SPD. O feijoeiro quando cultivado após *U. ruziziensis* exclusiva apresenta superior rendimento de peneira maior ou igual a 12 (RP $\geq$ 12), comparativamente aos demais sistemas de cultivo avaliados. A adubação nitrogenada em cobertura promove adequados teores de proteína bruta, tempo para cozimento e capacidade de hidratação dos grãos do feijoeiro em sucessão a milho e *U. ruziziensis* no SPD.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., *Zea mays* L., *Urochloa ruziziensis*, consórcio milho-braquiária, produtividade de grãos, eficiência de uso do nitrogênio, atributos agronômicos e tecnológicos.

CROP SYSTEMS WITH CORN AND BRACHIARIA AND NITROGEN TOPDRESSED ON COMMON BEAN IN SUCCESSION IN NO-TILLAGE

ABSTRACT - The production and the maintenance of the soil cover represent the principal difficult to no-tillage system establishment in regions with warm and humid summer and dry winter, leading to the deepening of the research on the use of grasses like as corn and brachiaria in exclusive cropping and intercropping systems. In these regions, the irrigated common bean in succession to grasses in no-tillage system it is advantageous due to its relatively short cycle and high profitability in the harvest off season. Considering the production system as a whole, the increase on straw mulch production on soil surface can influence in the soil nitrogen dynamics, being necessary the deepening of the research on the economic viability of the application of this nutrient in agricultural production systems and their effects on the agronomic performance of cultivated plants and in the improving the quality of the harvested products. The work was carried out during the 2011/12 and 2012/13 crop years on a Eutrophic Oxisol, in Jaboticabal-SP-Brazil, aiming to evaluate the agronomic performance and production of straw mulch provided by corn and *Urochloa ruziziensis* cultivated exclusively and intercropping, and to verify the residual effect of the nitrogen topdressed on predecessor common bean. Another objective of this work was to evaluate the effects of predecessor cropping system and the nitrogen topdressed split application in agronomic performance, economical viability and technological attributes of common bean cultivated in succession to corn and *U. ruziziensis* exclusives and intercropping in no-tillage system. The experimental design was a randomized complete block arranged in a split-plot scheme with four replications. The plots had been represented for three crop systems with corn exclusive, corn and *U. ruziziensis* intercropping and *U. ruziziensis* exclusive, all in succession to the irrigated common bean sown in August in no-tillage system. In the subplots were arranged ten treatments represented for combinations of nitrogen topdressed split application, rate 90 kg ha⁻¹ via urea, respectively at V₃+V₄+R₅ stages of irrigated common bean, 30+60+00, 60+30+00, 30+00+60, 60+00+30, 00+60+30, 45+45+00, 00+45+45 and 45+00+45; exclusive rate at V₄ (00+90+00) and without nitrogen topdressed. The data were submitted to analysis of

variance (ANOVA) by F test ($p < 0.05$) and means were compared by Tukey test ($p < 0.05$), unfolding significant interactions among crop systems and nitrogen topdressed split application. The *U. ruziziensis* sown simultaneously reduces the intercropped corn grain yield. The nitrogen topdressing on common bean did not influenced in the agronomic attributes and grain yield of corn cultivated exclusively or intercropped with *U. ruziziensis*. Crop systems with corn and *U. ruziziensis*, cultivated exclusively or intercropped, promote straw mulch production with quantity suitable to the maintenance of no-tillage system quality. The application of 90 kg of N ha⁻¹ singly at V₄ stage of common bean promotes similar grain yield than when without the nitrogen topdressed in succession to corn and *U. ruziziensis*, cultivated exclusively and intercropped in no-tillage system. The common bean grain yield differ among crop systems and in function of topdressed nitrogen split application, being economically viable distinctly in the crop years evaluated. The topdressed nitrogen split application improves the agronomic efficiency on nitrogen use by the common bean in succession to corn and *U. ruziziensis* in no-tillage system. The common bean when cultivated in succession to *U. ruziziensis* exclusively presents higher sieve yield than on the others crops systems evaluated. The topdressed nitrogen application promotes crude protein content, cooking time and hydration capacity suitable on grains of common bean in succession to corn and *U. ruziziensis*, cultivated exclusively and intercropped in no-tillage system.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L., *Zea mays* L., *Urochloa ruziziensis*, maize-brachiaria intercropping, grain yield, nitrogen use efficiency, agronomic and technological attributes.

LISTA DE ABREVIATURAS

C/N - relação carbono/nitrogênio;

CV - coeficiente de variação;

cv - cultivar;

DAE - dias após emergência;

DMS - diferença média significativa;

EA - eficiência agronômica;

FBN - fixação biológica de nitrogênio;

ILP - integração lavoura-pecuária;

ILPF - integração lavoura-pecuária-floresta;

PGcf - produção de grãos com aplicação do fertilizante;

PGsf - produção de grãos sem aplicação de fertilizante;

PN - parcelamento do nitrogênio em cobertura;

QNa - quantidade de nitrogênio aplicado;

RH - relação de hidratação dos grãos;

RP - rendimento de peneira;

RP_{≥12} - rendimento de peneira maior ou igual a 12/64" x 3/4 (4,76 x 19,05 mm);

SC - sistema de cultivo;

SPAD – “soil plant analysis development”;

SPD - sistema plantio direto;

TMH - tempo para máxima hidratação dos grãos;

TPB - teor de proteína bruta.

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1 - Descrição dos parcelamentos do nitrogênio em cobertura (PN) na dose de 90 kg de N ha ⁻¹ no feijoeiro em sucessão ao milho e à <i>Urochloa ruziziensis</i> em cultivo exclusivo e consorciado, Jaboticabal-SP, 2012 e 2013....	21
Tabela 2 - Teor de N total foliar, altura de plantas e de inserção da espiga principal e diâmetro do colmo do milho em função do cultivo exclusivo e consorciado com <i>U. ruziziensis</i> e do efeito residual do parcelamento do nitrogênio aplicado em cobertura na cultura antecessora (feijoeiro). Jaboticabal-SP, safras 2011/12 e 2012/13...	41
Tabela 3 - Número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, número de grãos por espiga e massa de mil grãos do milho em função do cultivo exclusivo e consorciado com <i>U. ruziziensis</i> e do efeito residual do parcelamento do nitrogênio aplicado em cobertura na cultura antecessora (feijoeiro). Jaboticabal-SP, safras 2011/12 e 2012/13...	42
Tabela 4 - Produtividade de grãos, índice de colheita e teor de proteína bruta nos grãos do milho em função do cultivo exclusivo e consorciado com <i>U. ruziziensis</i> e do efeito residual do parcelamento do nitrogênio aplicado em cobertura na cultura antecessora (feijoeiro). Jaboticabal-SP, safras 2011/12 e 2012/13.	44
Tabela 5 - Recobrimento da superfície do solo, quantidade de palhada produzida, teor e acúmulo de N na palhada decorrentes dos cultivos de milho exclusivo, consórcio milho + <i>U. ruziziensis</i> e <i>U. ruziziensis</i> exclusiva e do efeito residual do parcelamento do nitrogênio aplicado em cobertura na cultura antecessora (feijoeiro). Jaboticabal-SP, safras 2011/12 e 2012/13.....	47
Tabela 6 - Desdobramento da interação sistema de cultivo x parcelamento do nitrogênio em cobertura na cultura antecessora para a quantidade de palhada produzida decorrente dos cultivos de milho exclusivo, consórcio milho + <i>U. ruziziensis</i> e <i>U. ruziziensis</i> exclusiva. Jaboticabal-SP, safras 2011/12 e 2012/13 .	48
Tabela 7 - Desdobramento da interação sistema de cultivo x parcelamento do nitrogênio em cobertura na cultura antecessora para o teor de N total na palhada decorrente dos cultivos de milho exclusivo, consórcio milho + <i>U. ruziziensis</i> e <i>U. ruziziensis</i> exclusiva. Jaboticabal-SP, safras 2011/12 e 2012/13.	50

- Tabela 8** - Desdobramento da interação sistema de cultivo x parcelamento do nitrogênio em cobertura na cultura antecessora para o acúmulo de N na palhada decorrente dos cultivos de milho exclusivo, consórcio milho + *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva. Jaboticabal-SP, safras 2011/12 e 2012/13.....51
- Tabela 9** - População inicial e final de plantas, massa seca da parte aérea e número de trifólios por planta do feijoeiro em função do sistema de cultivo antecessor e do parcelamento do nitrogênio em cobertura em dois anos agrícolas. Jaboticabal-SP, safras 2012 e 2013.....55
- Tabela 10** - Desdobramento da interação sistemas de cultivo x parcelamento do nitrogênio em cobertura para o número de trifólios por planta do feijoeiro. Jaboticabal-SP, safras 2012 e 2013.....56
- Tabela 11** - Teor de N total foliar e índice SPAD do feijoeiro em função do sistema de cultivo antecessor e do parcelamento do nitrogênio em cobertura em dois anos agrícolas. Jaboticabal-SP, safras 2012 e 2013.58
- Tabela 12** - Desdobramento da interação sistemas de cultivo x parcelamento do nitrogênio em cobertura para o índice SPAD do feijoeiro. Jaboticabal-SP, safra 201359
- Tabela 13** - Número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos do feijoeiro em função do sistema de cultivo antecessor e do parcelamento do nitrogênio em cobertura em dois anos agrícolas. Jaboticabal-SP, safras 2012 e 2013.....60
- Tabela 14** - Desdobramento da interação sistemas de cultivo x parcelamento do nitrogênio em cobertura para o número de vagens por planta e de grãos por vagem do feijoeiro. Jaboticabal-SP, safra 2013.....62
- Tabela 15** - Desdobramento da interação sistemas de cultivo x parcelamento do nitrogênio em cobertura para a produtividade de grãos do feijoeiro. Jaboticabal-SP, safras 2012 e 2013.....64
- Tabela 16** - Viabilidade econômica da adubação nitrogenada em cobertura por meio do ganho relativo (%) e da dose economicamente viável no feijoeiro em função do sistema de cultivo antecessor e do parcelamento do nitrogênio em cobertura. Jaboticabal-SP, safras 2012 e 2013.....65
- Tabela 17** - Rendimento de peneira (RP) determinada pela porcentagem de grãos do feijoeiro retidos em peneiras de furo oblongo em função do sistema de cultivo

antecessor e do parcelamento do nitrogênio em cobertura, em dois anos agrícolas. Jaboticabal-SP, safras 2012 e 2013.....**69**

Tabela 18 - Teor de proteína bruta, tempo para cozimento e relação de hidratação de grãos do feijoeiro em função do sistema de cultivo antecessor e do parcelamento do nitrogênio em cobertura, em dois anos agrícolas. Jaboticabal-SP, safras 2012 e 2013.**72**

Tabela 19 - Desdobramento da interação sistemas de cultivo x parcelamento do nitrogênio em cobertura para o teor de proteína bruta (g kg^{-1}) nos grãos do feijoeiro. Jaboticabal-SP, safra 2012.**73**

Tabela 20 - Desdobramento da interação sistemas de cultivo x parcelamento do nitrogênio em cobertura para o tempo para cozimento (minutos) dos grãos do feijoeiro. Jaboticabal-SP, safra 2013.**73**

Tabela 21 - Tempo para máxima hidratação dos grãos (TMH) do feijoeiro em função do sistema de cultivo antecessor e do parcelamento do nitrogênio em cobertura. Jaboticabal-SP, safra 2012.**75**

Tabela 22 - Tempo para máxima hidratação dos grãos (TMH) do feijoeiro em função do sistema de cultivo antecessor e do parcelamento do nitrogênio em cobertura. Jaboticabal-SP, safra 2013.**76**

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1 - Semeadura do milho exclusivo, milho + *Urochloa ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva, em Jaboticabal-SP, safras 2011/12 e 2012/13.....**22**

Figura 2 - Precipitação pluvial acumulada, temperatura máxima e mínima, média de cada cinco dias, durante os cultivos de verão contendo milho exclusivo, milho + *Urochloa ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva. Safra 2011/12 = semeadura (S) em 18 de dezembro, emergência (V_E) em 23 de dezembro, pendoamento (V_t) e florescimento feminino (R_1) em 10 e 13 de fevereiro, respectivamente; maturidade fisiológica (R_6) em 16 de abril e colheita (C) em 6 de maio. Safra 2012/13 = semeadura (S) em 21 de janeiro, emergência (V_E) em 27 de janeiro, pendoamento (V_t) e florescimento feminino (R_1) em 28 e 23 de março, respectivamente; maturidade fisiológica (R_6) em 15 de maio e colheita (C) em 4 de junho. Fonte: Estação Agroclimatológica do Câmpus da FCAV/UNESP – Jaboticabal, SP.**23**

Figura 3 - Tratamento de sementes, aferição e regulação da distribuição de fertilizante e sementes e operação de semeadura do feijoeiro cultivar Pérola em 18/08/2012 (safra 2012) e da cultivar IPR 139 (Juriti-claro) em 08/08/2013 (safra 2013), em sucessão ao milho e *U. ruziziensis* exclusivos e em consórcio, em Jaboticabal-SP..**25**

Figura 4 - Precipitação pluvial acumulada, temperatura máxima e mínima, média de cada cinco dias, durante o período de desenvolvimento do feijoeiro. Safra 2012 = semeadura (S) em 18 de agosto, emergência (V_E) em 22 de agosto, florescimento (R_6) em 16 de outubro, maturidade fisiológica (R_9) em 16 de novembro e colheita (C) em 20 de novembro. Safra 2013 = semeadura (S) em 8 de agosto, emergência (V_E) em 12 de agosto, florescimento (R_6) em 2 de outubro, maturidade fisiológica (R_9) em 1 de novembro e colheita (C) em 6 de novembro. Fonte: Estação Agroclimatológica do Câmpus da FCAV/UNESP – Jaboticabal, SP..**26**

Figura 5 - Coleta de folhas localizadas opostas e abaixo da espiga principal para determinação do teor de nitrogênio foliar no milho cultivado exclusivamente e em consórcio com *U. ruziziensis*. Jaboticabal-SP, safras 2011/12 e 2012/13..**27**

Figura 6 - Processamento das amostras e determinações do teor de nitrogênio total foliar e de proteína bruta nos grãos de milho e de feijão e do teor de nitrogênio na palhada dos diferentes sistemas de cultivo contendo milho e *U. ruziziensis*. Jaboticabal-SP, safras 2011/12 e 2012/13.....**28**

Figura 7 - Determinação da altura de plantas (a); inserção da espiga principal (b) e do diâmetro de colmo (c) no milho cultivado exclusivamente e em consórcio com *U. ruziziensis*. Jaboticabal-SP, safras 2011/12 e 2012/13.29

Figura 8 - Determinação dos componentes de produção número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, número de grãos por espiga e massa de 1000 grãos no milho cultivado exclusivamente e em consórcio com *U. ruziziensis*. Jaboticabal-SP, safras 2011/12 e 2012/13.....29

Figura 9 - Colheita das espigas presentes na área útil de cada subparcela para quantificação da produtividade de grãos do milho cultivado exclusivamente e em consórcio com *U. ruziziensis*. Jaboticabal-SP, safras 2011/12 e 2012/13..30

Figura 10 - Coleta de plantas presentes em cada subparcela para determinação do índice de colheita no milho cultivado exclusivamente e em consórcio com *U. ruziziensis*. Jaboticabal-SP, safras 2011/12 e 2012/13..30

Figura 11 - Determinação da porcentagem de recobrimento do solo pela palhada dos diferentes sistemas de cultivo contendo milho e *U. ruziziensis*. Jaboticabal-SP, safras 2011/12 e 2012/13.....32

Figura 12 - Quantificação da palhada produzida pelos diferentes sistemas de cultivo contendo milho e *U. ruziziensis*. Jaboticabal-SP, safras 2011/12 e 2012/13..32

Figura 13 - a) determinação da população inicial; b) determinação do estágio R₆ (florescimento) utilizado como base na determinação da massa seca da parte aérea, número de trifólios por planta; c) coleta de trifólios para determinação do teor de nitrogênio total foliar, leitura do índice SPAD; d) determinação da população final; no feijoeiro em função do sistema de cultivo antecessor e do parcelamento do nitrogênio em cobertura. Jaboticabal-SP, safras 2012 e 2013.33

Figura 14 - Determinação do número de vagens por planta (a), número de grãos por vagem (a e b) e da massa de 100 grãos (c) do feijoeiro em função do sistema de cultivo antecessor e do parcelamento do nitrogênio em cobertura. Jaboticabal-SP, safras 2012 e 2013.....35

Figura 15 - Procedimentos de arranquio (a), secagem em pleno sol (b) e trilha mecânica (c) durante a colheita para determinação da produtividade de grãos do feijoeiro em função do sistema de cultivo antecessor e do parcelamento do nitrogênio em cobertura. Jaboticabal-SP, safras 2012 e 2013.....35

Figura 16 - Rendimento de peneira dos grãos do feijoeiro em função do sistema de cultivo antecessor e do parcelamento do nitrogênio em cobertura. Jaboticabal-SP, safras 2012 e 2013.....**37**

Figura 17 - Determinação do tempo para cozimento em grãos do feijoeiro em função do sistema de cultivo antecessor e do parcelamento do nitrogênio em cobertura. Jaboticabal-SP, safras 2012 e 2013.....**38**

Figura 18 - Determinação da capacidade de hidratação, por meio da relação de hidratação e tempo necessário para máxima hidratação em grãos do feijoeiro em função do sistema de cultivo antecessor e do parcelamento do nitrogênio em cobertura. Jaboticabal-SP, safras 2012 e 2013.....**39**

Figura 19 - Eficiência agronômica no uso de nitrogênio pelo feijoeiro em função do sistema de cultivo antecessor e do parcelamento do nutriente em cobertura, em dois anos agrícolas. Jaboticabal-SP, safras 2012 e 2013.**67**

1. INTRODUÇÃO

O sistema plantio direto (SPD) preconiza o não revolvimento do solo, a rotação/sucessão de culturas e a formação de cobertura morta ou palhada em sua superfície, sendo também as premissas básicas da agricultura conservacionista. No entanto, a sustentabilidade do SPD em regiões tropicais, principalmente de clima quente e chuvoso no verão e seco no inverno, vem sendo discutida. Nestas regiões, o maior desafio está na formação e manutenção da palhada, em razão da alta taxa de decomposição dos resíduos vegetais e da dificuldade de sua produção na entressafra. Para contornar tal situação, tem se recomendado o cultivo de espécies vegetais que proporcionem elevada quantidade de palhada com equilibrada relação carbono/nitrogênio (C/N), com destaque para milho (*Zea mays* L.) e braquiárias (*Urochloa* sp.) em cultivos exclusivos e em consórcio. No entanto, a possibilidade da ocorrência de competição interespecífica durante o consórcio exige aprofundamento de investigações científicas para a consolidação desta tecnologia.

Na rotação/sucessão de culturas devem-se considerar as diferentes exigências nutricionais e a capacidade de aproveitamento de nutrientes, para o uso eficiente de fertilizantes, principalmente dos nitrogenados. Neste aspecto, o cultivo do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) pode resultar em economia de fertilizantes, por ser uma leguminosa (Fabacea) capaz de fixar o N atmosférico, por simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*. Por outro lado, o N é extraído em grande quantidade pelo feijoeiro, sendo necessários cerca de 30 a 45 kg de N para cada 1.000 kg de grãos (OLIVEIRA; THUNG, 1988) e, portanto, de grande influência na produtividade.

O feijoeiro vem sendo cultivado com elevados índices de produtividade e rentabilidade econômica em sucessão a gramíneas no SPD, em especial após milho e braquiárias, com destaque para *U. ruziziensis*. Normalmente, se recomenda a aplicação de fertilizantes nitrogenados em cobertura no feijoeiro, cuja eficiência de uso é da ordem de 60%, quando na forma de uréia sobre a palhada, estando sujeito a perdas por desnitrificação.

O manejo dos resíduos vegetais da cultura antecessora poderá influenciar na dinâmica do N no solo, afetando o desempenho agrônômico dos cultivos

subsequentes. Dentre as alternativas para aumentar a eficiência da adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro em SPD, recomenda-se a aplicação parcelada deste nutriente. Devido à lacuna de conhecimentos sobre o tema e ao fato de ocorrer necessidade de estudos regionais, pesquisas têm sido direcionadas para esclarecer os efeitos dos sistemas de cultivo antecessores e da adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro em SPD avaliando não somente aspectos relacionados à produtividade, mas também ao uso eficiente deste nutriente e sua viabilidade econômica, além de seus efeitos na qualidade nutricional e tecnológica dos grãos produzidos.

O trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o desempenho agrônomo e a cobertura vegetal proporcionada pelo milho e *Urochloa ruziziensis* cultivados exclusivamente e em consórcio, bem como verificar o efeito residual da adubação nitrogenada em cobertura aplicada no feijoeiro antecessor. Objetivou-se também avaliar os efeitos do sistema de cultivo e do parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura no desempenho agrônomo, na viabilidade econômica e nos atributos tecnológicos do feijoeiro em sucessão a milho exclusivo, milho consorciado com *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva no sistema plantio direto.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Sustentabilidade do sistema plantio direto em áreas de cerrado

O futuro modelo de sustentabilidade agrícola exige, além da preservação dos recursos naturais, melhorias nos índices de produtividade (ALLEN et al., 2007). Neste sentido, a adoção de sistemas de produção de baixo impacto ambiental, definidos como agricultura de baixo carbono (MAPA, 2012) e a recuperação de áreas degradadas, em especial as ocupadas por pastagens em estados avançados de degradação devem ser privilegiados (OLIVEIRA et al., 2010).

O sistema plantio direto (SPD) preconiza a manutenção dos resíduos culturais, favorecendo sua proteção superficial com redução da erosão hídrica (BERTOL et al., 2013) e a melhoria do ambiente solo (CRUSCIOL et al., 2012; BORGHI et al., 2013), principalmente pelo aumento da matéria orgânica (SÁ et al., 2001; CARVALHO et al., 2013) e ciclagem de nutrientes (ROSOLEM; WERLE; GARCIA, 2010), alterando seus atributos químicos (FALLEIRO et al., 2003; SILVEIRA et al., 2011), físicos (TORMENA et al., 2004; GENNARO et al., 2014) e biológicos (PEREZ; RAMOS; McMANUS, 2005; SILVA et al., 2007; GENNARO et al., 2014). A área brasileira ocupada com culturas produtoras de grãos é de 57 milhões de hectares, onde 32 milhões de hectares estão sendo cultivados no SPD (CONAB, 2015; FEBRAPDP, 2010). Por outro lado, apenas 17 milhões de hectares que satisfazem plenamente os requisitos do SPD (BATAGLIA et al., 2012; DERPSCH, 2013; LLANILLO, 2013).

Segundo DERPSCH (2013), distinguem-se três categorias quanto à cobertura permanente do solo; 30-60%, 60-90% e maior que 90%; medidas imediatamente após a operação de semeadura, sendo que 30% de cobertura não é considerada como agricultura conservacionista. Com relação ao uso de rotação ou associação de culturas maximizando a biodiversidade, deve-se utilizar pelo menos três espécies diferentes, porém a semeadura repetida de trigo (*Triticum aestivum*) ou milho não é um fator de exclusão. Recentemente, a manutenção de raízes vivas no campo vem ganhando importância, semeando-se uma nova cultura antes que a lavoura

precedente seja colhida (DERPSCH, 2013), sendo este conceito mais facilmente implantado em regiões sem deficiência hídrica na entressafra.

A dificuldade na formação e manutenção da palhada em razão da alta taxa de decomposição dos resíduos vegetais tem sido os principais desafios para se alcançar a sustentabilidade do SPD em condições tropicais (NASCENTE; CRUSCIOL, 2012; COSTA et al., 2014a). Isto se dá devido à dificuldade de fitomassa em quantidade e qualidade após os cultivos de verão em virtude da ocorrência de elevada deficiência hídrica na entressafra (KLUTHCOUSKI et al., 2003; BORGHI; CRUSCIOL, 2007; FIORENTIN et al., 2011; PACHECO et al., 2011; BORGHI et al., 2013) e da dificuldade em se produzir e manter elevadas quantidades de palhada sobre a superfície do solo. Para minimizar o citado tem-se focado na produção de palhada de segunda safra (safrinha), aproveitando as últimas chuvas do mês de março após o verão, associados a culturas com grande quantidade de restos culturais como o milho (KLUTHCOUSKI et al., 2003; BORGHI et al., 2013) em consórcio com braquiárias (gênero *Urochloa*), em especial *U. ruziziensis*, em virtude da taxa de mineralização ocorrer de forma mais lenta e gradualmente (CHAVES; CALEGARI, 2001) e promoverem adequada cobertura do solo e relação C/N (KLUTHCOUSKI et al., 2003, BORGHI; CRUSCIOL, 2007; FIORENTIN et al., 2011; SORATTO et al., 2013a; FERREIRA et al., 2014).

O consórcio entre milho e espécies forrageiras é alternativa sustentável na recuperação de pastagens degradadas, permitindo sucesso na implantação de sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) e lavoura-pecuária-floresta (ILPF) em regiões tropicais e subtropicais (MACEDO; ARAÚJO, 2012; MORAES et al., 2014).

Dentre as principais vantagens da palhada da braquiária ao SPD destacam-se a maior eficiência na cobertura da superfície do solo, resultando na conservação de água e menor variação na temperatura; maior longevidade na cobertura do solo em razão da lenta decomposição de seus resíduos; controle e minimização das doenças, como o mofo branco, podridão radicular seca ou podridões por *Fusarium* e *Rhizoctonia*, por ação isolante ou alelopática causada pela microflora do solo sobre os patógenos e maior capacidade de supressão física das plantas daninhas, reduzindo o uso de herbicidas pós-emergentes (KLUTHCOUSKI et al., 2003).

O consórcio entre milho e *U. brizantha* e *U. ruziziensis*, na safrinha, promove 15.430 kg ha⁻¹ e 16.513 kg ha⁻¹ e, 13.770 kg ha⁻¹ e 16.439 kg ha⁻¹ de palhada, respectivamente (SOUZA; SORATTO, 2012).

A *U. ruziziensis* apresenta hábito de crescimento cespitoso promovendo total recobrimento superficial sendo semeada a lanço ou incorporada ao solo. Devido à disponibilidade de sementes, rusticidade, ampla adaptação, baixa incidência de pragas e doenças, baixa exigência nutricional e hídrica, elevada produção de massa verde e, sobretudo, sua maior velocidade no estabelecimento inicial e facilidade de manejo com herbicidas a *U. ruziziensis* vem sendo amplamente cultivada nas distintas condições edafoclimáticas do Brasil (MAROCHI, 2006; NASCENTE et al., 2012; MACHADO et al., 2013; COSTA et al., 2014a; 2014b).

Costa et al. (2014a) avaliaram o potencial produtivo da *U. ruziziensis* e sua respectiva taxa de decomposição e liberação de nutrientes em função do cultivo consorciado com milho e de doses de N em cobertura (0, 50, 100, 150 e 200 kg de N ha⁻¹). No referido trabalho, a adubação nitrogenada não influenciou a produtividade de matéria seca da forrageira, a relação lignina/N total e a quantidade de palhada depositada na superfície do solo após o consórcio com milho, mas elevou os acúmulos de N, K, Mg e S. Foi verificado também que *U. ruziziensis* apresenta potencial de produção de palhada acima de 4 t ha⁻¹ na entressafra, com manutenção de 15 a 60% dessa quantidade aos 120 dias após o manejo, em SPD na região do Cerrado, independentemente da adubação nitrogenada.

Em relação à manutenção da produtividade de grãos do milho, trabalhos de pesquisa têm demonstrado resultados divergentes quanto ao impacto do consórcio com forrageiras tropicais (CECCON et al., 2008), evidenciando a necessidade de manejo diferenciado das adubações (DUARTE; KURIHARA; CANTARELLA, 2013). Lara-Cabezas e Pádua (2007) não observaram diferenças na produtividade do milho consorciado ou não com braquiárias. Por outro lado, Borghi e Crusciol (2007) constataram que, independentemente da modalidade de consórcio com *U. brizantha*, ocorreu redução da produtividade de grãos do milho em comparação ao seu cultivo exclusivo no espaçamento 0,90m na safra verão. Em trabalho desenvolvido por Franchini, Costa e Debiasi (2011), o consórcio com *U. brizantha* diminuiu 6,7 e 6,9% na produtividade do milho safrinha em 2007 e 2008, respectivamente. No entanto,

no terceiro ano após implantação do sistema, verificaram ligeiros incrementos na produtividade do milho consorciado com *U. brizantha* e *U. ruziziensis* em comparação ao cultivo exclusivo.

Chioderoli et al. (2010) avaliaram três modalidades de consorciação na safrinha tardia (milho com braquiária na linha de semeadura, misturada ao adubo de base do milho; milho com braquiária semeada na entrelinha com adubador de cobertura para plantio direto simultaneamente à semeadura do milho, com a presença de uma linha de semeadura intermediária; braquiária na entrelinha do milho semeada junto com o adubo de cobertura do milho, no estágio V₄) com três espécies de braquiária (*U. brizantha*, *U. decumbens* e *U. ruziziensis*). Verificaram que todos os tratamentos produziram quantidades de palhada suficientes para a manutenção e estabilidade do SPD e, demonstraram que quando o foco principal do consórcio é produzir grãos e, formar palhada em segundo plano, a *U. ruziziensis* semeada na época da adubação de cobertura do milho proporciona superior produtividade de grãos.

Pariz et al. (2011) avaliaram o desempenho agrônomo do milho e a produção de palhada de quatro espécies de braquiárias (*U. brizantha* cv. 'Marandu', *U. decumbens*, *U. ruziziensis* e *Urochloa* híbrido cv. 'Mulato II') em duas modalidades de consórcio (semeadura na linha e a lanço) simultaneamente ao milho em sistema de ILP no período de inverno-primavera no Cerrado. As forrageiras consorciadas com semeadura a lanço, com destaque para a *U. ruziziensis* proporcionaram menor desenvolvimento das plantas de milho e menores valores dos componentes da produção, bem como da produtividade de grãos. Apesar de satisfatórias produtividades de palhada, com exceção da *U. brizantha*, as demais espécies consorciadas com semeadura a lanço foram superiores, com destaque para a *U. decumbens* e a *U. ruziziensis* apresentando maior adaptabilidade e produtividade de forragem no consórcio com milho em sistema de ILP.

Batista et al. (2011) avaliaram o acúmulo de matéria seca e de nutrientes de plantas forrageiras (*U. brizantha* cv. Marandu, *U. decumbens* cv. Basilisk, *U. ruziziensis* cv. Comum e *Panicum maximum* cv. Tanzânia) consorciadas com o milho safrinha em função da adubação nitrogenada (0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹) em diferentes ambientes do estado de São Paulo. Os pesquisadores demonstraram que

a adubação nitrogenada em cobertura não interfere no acúmulo de matéria seca e de nutrientes pelas forrageiras e que, o consórcio não afeta a produtividade de grãos do milho.

Borghi et al. (2013) avaliaram os efeitos do consórcio do milho cultivado no verão com as forrageiras *U. brizantha* e *P. maximum* em função da modalidade (semeadura simultânea e por ocasião da adubação de cobertura do milho) e de doses de nitrogênio (N) em cobertura (0, 50, 100, 150 e 200 kg de N ha⁻¹). Verificaram que o consórcio não afetou o estado nutricional da cultura do milho. A semeadura simultânea entre milho e *P. maximum* elevou a produção de palhada, porém, reduziu a população e o número de espigas por planta e consequentemente a produtividade de grãos do cereal. Tais efeitos negativos não ocorreram no consórcio com *U. brizantha*, independente da época de semeadura, o mesmo ocorrendo quando a semeadura de *P. maximum* foi realizada por ocasião da adubação de cobertura do milho (BORGHI et al., 2013).

Ferreira et al. (2014) avaliaram o cultivo de *U. brizantha* cv. Marandu e *U.* híbrida cv. Mulato II em três modalidades de consórcio com o milho (semeadura da forrageira na linha da cultura do milho, semeadura de uma linha de forrageira na entrelinha do milho e semeadura de duas linhas da forrageira na entrelinha do milho). A modalidade e a espécie nos diferentes modelos de consorciação afetaram a produção tanto da cultura do milho quanto da espécie forrageira, sendo que a maior eficiência de uso da terra (produtividade da cultura no consórcio/produtividade da cultura no cultivo exclusivo) foi observada na situação em que a forrageira foi semeada em duas linhas na entrelinha, em ambas as espécies estudadas.

O consórcio entre milho e forrageiras do gênero *Urochloa* (braquiárias) na safrinha visando produção de palhada e a viabilidade do SPD tem se destacado nos últimos anos (KLUTHCOUSKI; AIDAR; COBUCCI, 2007; KLUTHCOUSKI et al., 2013; SORATTO et al., 2013a; COSTA et al., 2014b), sendo inclusive indicado no zoneamento agroclimático nos Estados de São Paulo, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Paraná (BRASIL, 2009; CEPAGRI, 2013; FIETZ et al., 2013). Contudo, para que ocorra a consolidação desta tecnologia, é fundamental o conhecimento sobre a influência de sistemas de rotação ou sucessão de culturas, além do uso e manejo de adubações em cultivos antecessores e subsequentes.

2.2. Feijoeiro em sucessão a milho e braquiária no sistema plantio direto

O feijoeiro é uma das principais culturas de entressafra, sendo explorada em áreas irrigadas na Região Central e Sudeste do Brasil, principalmente no SPD em sucessão a milho e braquiária em cultivos exclusivos ou em consórcio (KLUTHCOUSKI et al., 2003; FIORENTIN et al., 2012a; 2012b; SORATTO et al., 2013a; MINGOTTE et al., 2014; CARMEIS FILHO et al., 2014; CRUZ; OLIVEIRA, 2014).

Produtividades em torno de 3.200, 3.577 e 3.899 kg ha⁻¹ foram obtidas no feijoeiro em sucessão a braquiárias (KLUTHCOUSKI et al., 2003), milho exclusivo e consorciado com *U. ruziziensis* (AIDAR et al., 2000), respectivamente. As culturas componentes do sistema de sucessão devem atender algumas premissas básicas, tais como as diferentes exigências nutricionais e capacidade de aproveitamento de nutrientes (FRANCHINI; COSTA; DEBIASI, 2011), com destaque aos fertilizantes nitrogenados (ALTMANN, 2012). Cerca de 50% do N total absorvido pelo feijoeiro é exportado na forma de grãos e o restante permanece no solo e/ou na forma de palhada, podendo ser utilizado pela próxima cultura (SANTOS; SILVA, 2002).

Aidar et al. (2005) avaliaram a produtividade do feijoeiro, cultivar Pérola, em sucessão à soja, arroz e milho consorciado com braquiária, em Santa Helena de Goiás-GO, em área no SPD por mais de 15 anos. Verificaram superior produtividade de grãos do feijoeiro após milho consorciado com braquiária, em comparação às demais sucessões. Fiorentin et al. (2012b) verificaram que o feijoeiro em sucessão ao milho consorciado com *U. ruziziensis* apresentou rendimento 29,5% superior ao cultivado em sucessão ao milho exclusivo, assim como 23,7% superior quando a cultura antecessora foi a *U. ruziziensis* exclusiva comparação ao milho exclusivo.

2.3. Uso e manejo do nitrogênio no feijoeiro em sucessão à gramíneas no sistema plantio direto

O N é um dos principais fatores limitantes ao aumento ou mesmo à manutenção da produtividade das culturas em regiões tropicais. A complexa

dinâmica deste nutriente no sistema solo-planta-atmosfera, seu potencial poluidor, assim como o elevado custo e reduzida eficiência agrônômica dos fertilizantes nitrogenados fazem com que sejam necessárias alternativas que minimizem a aplicação desse insumo e prolonguem ao mesmo tempo sua disponibilidade às plantas (NÓBREGA; NÓBREGA, 2003; SANTOS et al., 2003; FAGERIA; BALIGAR, 2005; ROSOLEM; WERLE; GARCIA, 2010; CASTOLDI et al., 2013; CARVALHO et al., 2013). Neste aspecto, a escolha de fontes que reduzam perdas do N nos sistemas de produção, bem como a adequação de sua dose, época e forma de aplicação, tem sido alvos de pesquisas atuais (CANTARELLA, 2007; MALAVOLTA; MORAES, 2007; VILLALBA et al., 2014).

O N está presente em muitas formas na biosfera, ocupando 77% do volume disponível na atmosfera, na forma molecular N_2 . No entanto, o sequestro do N_2 da atmosfera requer a quebra de uma ligação tripla covalente de forte estabilidade, entre dois átomos de N ($N \equiv N$) para produzir amônia (NH_3) ou nitrato (NO_3^-). Tais reações podem ocorrer natural ou industrialmente (MALAVOLTA; MORAES, 2007; PRADO, 2008; BLOOM, 2013; VILLALBA et al., 2014). Sob elevadas temperaturas (cerca de $200^\circ C$) e alta pressão (200atm), e na presença de um metal catalisador (geralmente ferro), o N_2 combina-se com hidrogênio, formando amônia. Essa reação é conhecida como processo Harber-Bosch (BLOOM, 2013), e por meio desta reação a produção mundial de fertilizantes nitrogenados é superior a 100 milhões de $t \text{ ano}^{-1}$ (FAO, 2011).

Quanto aos processos naturais de fixação de N_2 , destaca-se a fixação biológica do N (FBN), processo no qual bactérias ou cianobactérias fixam N_2 , em amônia (NH_3), que dissolvida em água, forma amônio (NH_4^+), representando 90%, do total de 190 milhões de $t \text{ ano}^{-1}$ do N_2 fixado por processos naturais (SCHLESINGER, 1997; BLOOM, 2013).

No caso do feijoeiro, o processo de FBN, por simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, ocorre de forma insuficiente para suprir totalmente sua demanda nutricional (BRITO et al., 2011; SOUZA et al., 2011), acarretando na necessidade de aplicação de fertilizantes nitrogenados em cobertura, pois este nutriente é extraído em grande quantidade, sendo necessários cerca de 28,6 a 45 kg de N para cada 1.000 kg de grãos (HAAG et al., 1967; OLIVEIRA; THUNG, 1988; VIEIRA, 2006).

O parcelamento do N no decorrer do desenvolvimento do ciclo do feijoeiro, em especial entre os 15 e 30 dias após a emergência (DAE) é uma das alternativas de manejo que visam aumentar sua eficiência de uso (BARBOSA FILHO; FAGERIA; SILVA, 2005). Pegoraro et al. (2014) ao avaliarem o acúmulo de biomassa e absorção de nutrientes pelo feijoeiro irrigado, na safra de inverno, verificaram que a taxa de máximo acúmulo de macronutrientes nas folhas e hastes do feijoeiro situa-se entre 26 e 36 DAE (R_5 - R_6) e nos órgãos reprodutivos vagem e grãos, situa-se entre os 46 e 66 DAE (estádios R_7 - R_8). Soratto et al. (2013b) avaliando o efeito da adubação N-P-K no feijoeiro sob SPD na sucessão com milho-trigo-milheto (*Pennisetum glaucum*) obtiveram 3.898 e 3.657 kg ha⁻¹, respectivamente pelas cultivares Pérola e IAC Alvorada. Independentemente dos tratamentos, a época de maior demanda nutricional do feijoeiro por N ocorreu entre 45 e 55 DAE, correspondendo ao estágio R_7 .

Salgado et al. (2012) avaliaram genótipos de feijoeiro, quanto à eficiência e resposta à absorção de N sob baixo nível (20 kg de N ha⁻¹) e alto nível (120 kg de N ha⁻¹), aplicando 20 kg de N ha⁻¹ na semeadura e, 100 kg de N ha⁻¹, na forma de uréia, em cobertura e parcelados em duas vezes, sendo a primeira aos 15 DAE e a segunda aos 30 DAE. Verificaram a ocorrência de respostas diferenciadas em razão das variações genéticas, sendo que o adequado suprimento por N elevou os índices de clorofila no tecido vegetal do feijoeiro.

Soratto, Carvalho e Arf (2004) relataram que o incremento da dose de N em cobertura (0 a 210 kg de N ha⁻¹) aumentou a eficiência agrônômica no uso do elemento pelo feijoeiro irrigado (cv. IAC Carioca) com superior produtividade de grãos no SPD, comparado ao preparo convencional do solo.

Barbosa Filho, Fageria e Silva (2005) avaliaram os efeitos de fontes (uréia e sulfato de amônio), doses (0, 60, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹) e parcelamento (aos 15, 30 e 45 DAE) de N no feijoeiro Pérola, irrigado no inverno em SPD, em sucessão a soja e a arroz. Observaram produtividades acima de 3.000 kg ha⁻¹ para ambas as fontes de N, sendo que a resposta do feijoeiro ao N foi influenciada pelos resíduos do cultivo anterior. A dose indicada variou de 120 a 150 kg de N ha⁻¹, com maior margem de lucro usando-se uréia comparativamente ao sulfato de amônio, aplicando-se metade aos 15 e o restante aos 30 DAE do feijoeiro.

Meira et al. (2005) avaliaram os efeitos de doses de N em cobertura (0, 40, 80, 120, 160, 200 e 240 kg de N ha⁻¹) aplicadas em diferentes épocas (V₄₋₅, R₅ e R₆) no desempenho agrônomo do feijoeiro (cv. IAC Carioca) no SPD sucedendo ao arroz. Verificaram máxima produtividade de grãos com a dose de 164 kg de N ha⁻¹, independente da época de aplicação. Soratto et al. (2005) observaram que a aplicação de 90 kg de N ha⁻¹ em cobertura no estágio V₄, na cultivar Pérola, foi mais eficiente em relação à aplicação em R₇ (30, 60 e 120 kg de N ha⁻¹), no SPD em sucessão a milheto-milho, milheto-arroz-aveia preta e arroz-aveia preta.

Gomes Junior et al. (2005b) estudaram o efeito da aplicação de doses de N em cobertura (40 e 80 kg de N ha⁻¹, via uréia) em diferentes épocas a partir do estágio V₄ no desempenho agrônomo da cultivar IAC Carioca em dois períodos de semeadura (26 de abril e 06 de junho de 2001). Observaram que o período de semeadura afetou a produtividade, ocorrendo respostas significativas apenas na aplicação de 80 kg de N ha⁻¹ na semeadura de abril, recomendando-se aplicação de N em cobertura no feijoeiro até o 7º trifólio totalmente aberto na haste principal.

A aplicação de N em cobertura aos 15 e aos 15 e 30 DAE proporcionaram as máximas produtividades de grãos com dose superior a 140 kg de N ha⁻¹ em cobertura no feijoeiro IAC Carioca, semeado no inverno em SPD, tendo o milho como cultura antecessora (SORATTO; CARVALHO; ARF, 2006).

Crusciol et al. (2007) avaliaram os efeitos de fontes (nitrocálcio e uréia) e doses de N (0, 30, 60 e 120 kg de N ha⁻¹) em cobertura, na cultivar Pérola em área sob três anos no SPD, com a sucessão milheto (primavera)/milho (verão), milheto (primavera)/arroz (verão) e aveia-preta (outono-inverno)/arroz (verão)/aveia-preta (outono-inverno). Observaram aumento linear na massa seca da parte aérea das plantas e no número de vagens por planta em função da adubação nitrogenada, com incremento na produtividade de grãos até a dose estimada de 95 kg de N ha⁻¹.

Fornasieri Filho et al. (2007), estudando adubação nitrogenada, nas doses de 0, 50, 100 e 150 kg de N ha⁻¹ em cobertura no feijoeiro em sucessão ao milheto no SPD, observaram maior eficiência agrônoma no uso do N pela cultivar Pérola em relação à IAC Una. A eficiência agrônoma diminuiu à medida que as doses de N aumentaram, sendo que, a dose de 50 kg de N ha⁻¹ em cobertura, proporcionou os maiores incrementos.

Arf et al. (2008), em cultivo de feijoeiro irrigado em SPD, verificaram no segundo ano de experimentação que houve diferença na produtividade da cultivar Pérola em razão da aplicação de doses de N em cobertura (0, 25, 50, 75, 100 e 125 kg de N ha⁻¹). Os dados foram ajustados a função linear crescente, com aumento de 5,6 kg de grãos para cada kg de N aplicado em cobertura.

Gomes Junior, Sá e Valério Filho (2008) avaliaram o desempenho agrônômico de duas cultivares do feijoeiro (Pérola e IPR Juriti) sobre palhada de milho, milheto e braquiária (*U. brizantha*) num Latossolo Vermelho distrófico sob SPD em função de doses de N (0, 30, 60, 90 e 120 kg de N ha⁻¹, via uréia) em cobertura aplicadas em V₄ e V₄₋₆. Não observaram diferenças na produtividade de grãos pela aplicação do N em cobertura no feijoeiro em sucessão ao milheto e à *U. brizantha*. Porém, a produtividade aumentou linearmente com as doses de N aplicadas em ambas as cultivares na sucessão com o milho.

Sant'Ana et al. (2010) avaliaram a aplicação de doses de N em cobertura, via uréia, parcelando-se aos 10 e aos 17 DAE do feijoeiro em SPD após milho consorciado com *U. decumbens*. Verificaram que a dose de 140 kg de N ha⁻¹ promoveu produtividade de 3.756 kg ha⁻¹ de grãos. Sabundjian et al. (2013) obtiveram produtividade de grãos semelhante (3.855 kg ha⁻¹) pela aplicação de 90 kg de N ha⁻¹ via uréia no feijoeiro semeado em maio em sucessão a milho consorciado com *U. ruziziensis* num Latossolo Vermelho distrófico.

Arf et al. (2011) avaliaram a influência de fontes (uréia, entec - sulfonitrato de amônio com inibidor de nitrificação - dimetilpirazolfosfato; e sulfato de amônio) e épocas de aplicação de N (testemunha sem N; semeadura; estágio V₃; estágio V₄₋₅; 1/3 na semeadura + 2/3 no estágio V₃; e 1/3 na semeadura + 2/3 no estágio V₄₋₅) na dose de 80 kg de N ha⁻¹ sobre a produtividade do feijoeiro (cv. Pérola) de inverno em sucessão a milho consorciado com braquiária, em dois anos agrícolas no SPD. Os autores não observaram efeitos das fontes na produtividade de grãos, mas sim diferenças entre os tratamentos com aplicação de N, em relação à testemunha, ocorrendo incremento médio de 106,5% na produtividade no primeiro ano de cultivo, sem diferenças no cultivo seguinte.

Souza e Soratto (2012) estudaram os efeitos da adubação nitrogenada (0, 35, 70 e 140 kg de N ha⁻¹), aplicada de forma parcelada sendo ½ aos dois dias após a

semeadura e 1/2 em V₄₋₄, fonte nitrato de amônio, no desempenho agrônômico do feijoeiro (IAC Alvorada) cultivado no SPD, em sucessão ao milho safrinha consorciado com *U. brizantha* e com *U. ruziziensis*, em dois anos agrícolas. Verificaram que a aplicação de N incrementou a produtividade de grãos no feijoeiro cultivado sobre *U. brizantha*, no segundo ano agrícola, com máximos valores obtidos na dose estimada de 113 kg de N ha⁻¹. Os autores indicaram ainda que a produtividade de grãos do feijoeiro foi semelhante em sucessão ao milho consorciado com *U. brizantha* e *U. ruziziensis*.

Soratto et al. (2013a) observaram que a antecipação do N (33 dias antes da semeadura) proporcionou produtividade de grãos semelhante ao seu fornecimento em cobertura (23 DAE) na dose de 100 kg de N ha⁻¹ ao feijoeiro (cv. Pérola) semeado em dezembro em sucessão ao milho exclusivo e consorciado com *U. brizantha* num Latossolo Vermelho distroférico sob SPD. Na sucessão com o milho exclusivo, a adubação nitrogenada em cobertura elevou a produtividade de grãos do feijoeiro em relação à testemunha, superando 2.549 kg ha⁻¹, não ocorrendo tais diferenças no feijoeiro em sucessão ao consórcio.

Perez et al. (2013) avaliaram a extração e exportação de nutrientes pelo feijoeiro após aveia amarela (*Avena byzantina*) em razão da adubação nitrogenada (ausência da aplicação de N; 60 kg de N ha⁻¹ antecipado na pré-semeadura; 60 kg de N ha⁻¹ aplicado em cobertura no estágio V₄; e 60 kg de N ha⁻¹ na pré-semeadura + 60 kg de N ha⁻¹ em cobertura no estágio V₄), em solo sob SPD recém-implantado comparativamente ao SPD consolidado. O tempo em que o solo permaneceu sob SPD não influenciou a produtividade, a nutrição e a resposta do feijoeiro ao N. A aplicação de N incrementou a produtividade de grãos do feijoeiro, nos dois anos agrícolas, com destaque para o primeiro ano de experimentação, com maiores valores obtidos na aplicação de N em pré-semeadura e em cobertura (120 kg de N ha⁻¹) e, valores intermediários observados após única aplicação do nutriente em cobertura (60 kg de N ha⁻¹). No ano agrícola subsequente, não houve diferença entre os tratamentos que receberam aplicação de N, porém apenas os tratamentos que receberam o nutriente em cobertura apresentaram maior produtividade em relação à ausência de sua aplicação (PEREZ et al., 2013).

Mingotte et al. (2014) avaliaram o desempenho agrônômico do feijoeiro irrigado, cv. IPR 139 (Juriti-claro), em três sistemas de cultivos, contendo milho e *U. ruziziensis* exclusivos e em consórcio, sob efeito de doses de N (0, 40, 80, 120 e 160 kg de N ha⁻¹) aplicadas em cobertura no estágio V₄₋₄. O feijoeiro em sucessão ao consórcio não respondeu à adubação nitrogenada em cobertura, diferentemente ao observado após milho exclusivo, onde a produtividade de grãos foi positivamente afetada pela aplicação do N, ocorrendo redução na eficiência de uso do N com incremento da dose do nutriente em cobertura.

Binotti et al. (2014) avaliaram os efeitos de fontes de N (sulfato de amônio, uréia e mistura de sulfato de amônio ½ do N + uréia ½ do N) e épocas de aplicação em cobertura (testemunha - sem N, 20, 30 e aos 20 e 30 DAE), na dose de 80 kg de N ha⁻¹, no desempenho agrônômico do feijoeiro IAC Carioca Eté sob SPD em sucessão a arroz de terras altas. Neste caso, as fontes e épocas de aplicação do N não afetaram a produtividade de grãos do feijoeiro. Contudo, a aplicação de 80 kg de N ha⁻¹ em cobertura proporcionou 19% de aumento na produtividade do feijoeiro comparado com a ausência da aplicação do nutriente em cobertura.

Soratto, Perez e Fernandes (2014) avaliaram o efeito de doses de N em cobertura (0, 30, 60, and 120 kg de N ha⁻¹) aplicadas no estágio V₄ no desempenho agrônômico do feijoeiro (cv. Pérola) semeado em janeiro num Nitossolo Vermelho sob SPD em quatro níveis de consolidação (SPD recém-implantado; SPD consolidado; SPD recém-implantado + 60 kg de N ha⁻¹ em pré-semeadura do feijoeiro e SPD consolidado + 60 kg de N ha⁻¹ em pré-semeadura do feijoeiro) em sucessão a aveia em dois anos agrícolas. O nível de consolidação do SPD não afetou o estado nutricional, a matéria seca da parte aérea, e a resposta do feijoeiro à adubação nitrogenada em cobertura. No entanto, o SPD consolidado acrescentou 11% na produtividade de grãos, independente da aplicação do nutriente em pré-semeadura. Em ambos os sistemas estudados, a aplicação de N em cobertura elevou a matéria seca da parte aérea, a produtividade de grãos e, seu respectivo teor protéico. No caso da aplicação de N em pré-semeadura, ocorreu resposta do feijoeiro em relação à produtividade de grãos, em SPD recém-implantado e consolidado. Ocorreu superior eficiência agrônômica na aplicação do nutriente em pré-semeadura, independentemente tempo de implantação do SPD.

Binotti et al. (2009) avaliaram os efeitos de fontes (uréia, sulfato de amônio e mistura entre ambos), doses (50, 100, 150 e 200 kg de N ha⁻¹) e do parcelamento (1/3 na semeadura + 2/3 em cobertura em V₄₋₄) do N no desenvolvimento e produtividade de grãos no feijoeiro Pérola, no inverno sob irrigação por aspersão, em SPD, na sucessão milho-feijão-arroz. Verificaram que a uréia foi a fonte de N que promoveu maior margem bruta de ganho em praticamente todos os tratamentos.

Fiorentin et al. (2012b) observaram no feijoeiro cultivado em sucessão com milho exclusivo, o aumento da produtividade pela aplicação de N em cobertura de forma crescente, e que a única margem bruta positiva de ganho na venda dos grãos de feijão foi alcançada na dose de 160 kg de N ha⁻¹. Mingotte et al. (2012) ao analisarem economicamente a aplicação de doses crescentes de N (0, 40, 80, 120 e 160 kg de N ha⁻¹) em cobertura no feijoeiro no SPD observaram melhoria na margem bruta de ganho no feijoeiro cultivado sobre palhadas de milho e *U. ruziziensis* exclusivos, comparativamente ao consórcio.

Gerlach et al. (2013) avaliaram os custos de produção e índices de lucratividade de diferentes tratamentos envolvendo coberturas vegetais (*Crotalaria juncea*, milheto, guandú, *C. juncea* + milheto, guandú + milheto e pousio) e doses de N em cobertura (0, 30, 60 e 90 kg de N ha⁻¹), no feijoeiro irrigado, em duas safras no SPD. Neste caso, a *C. juncea*, como cobertura vegetal do solo, promoveu maiores custo operacional total, lucro operacional e índices de lucratividade.

Sabundjian et al. (2014) avaliaram economicamente a adubação nitrogenada em cobertura (0, 30, 60 e 90 kg de N ha⁻¹) no feijoeiro de inverno em sucessão a milho e *U. ruziziensis* exclusivos e em consórcio, inoculados e não inoculados com *Azospirillum brasiliense* sob SPD. Em sucessão ao milho exclusivo, ocorreu maior acréscimo na produtividade de grãos do feijoeiro nas doses de 60 e 90 kg de N ha⁻¹, correspondentes a 19,3 e 18,61%, respectivamente. De forma geral, a maior margem de ganho foi obtida pela aplicação de 90 kg de N ha⁻¹ em cobertura no feijoeiro em sucessão ao milho e *U. ruziziensis*, exceto para *U. ruziziensis* exclusiva inoculada.

2.4. Atributos tecnológicos dos grãos do feijoeiro em função da adubação nitrogenada em cobertura no sistema plantio direto

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) destaca-se por ser importante fonte proteica na dieta humana, sendo rico em aminoácidos essenciais, carboidratos, vitaminas do complexo B e minerais como ferro e zinco (SGARBIERI, 1987; LAJOLO; GENOVESE; MENEZES, 1996; BORÉM; CARNEIRO, 2006; OVANDO-MARTÍNEZ et al., 2011; PERINA et al., 2014). O conteúdo protéico do feijão é complementar ao do arroz (*Oryza sativa* L.), pois o feijão é pobre em aminoácidos sulfurados e, rico em lisina, enquanto que o arroz é pobre em lisina e relativamente rico em aminoácidos sulfurados. A mistura desses dois alimentos, em proporções adequadas, resulta numa refeição proteica de alto valor biológico (SGARBIERI, 1987), de grande importância na alimentação do povo brasileiro (RIBEIRO, et al., 2008; BORDIN et al., 2010; PERINA et al., 2014).

Os principais atributos tecnológicos dos grãos de feijão são o tamanho, formato e coloração do tegumento, conteúdo protéico e o balanço em aminoácidos de sua proteína, tempo para cozimento e a capacidade de hidratação, sendo determinados pelo genótipo e, na maioria dos casos, influenciados pelo ambiente durante o ciclo de desenvolvimento da cultura (KIGEL, 1999; CARBONELL; CARVALHO; PEREIRA, 2003; LEMOS et al., 2004; RAMOS JUNIOR; LEMOS; SILVA, 2005; BURATTO et al., 2009; PERINA et al., 2010; 2014; CARBONELL et al., 2010), com possibilidade de alterações em função do processo de colheita (SOUZA et al., 2010; SILVA et al., 2013), bem como pelas condições de armazenamento (RIBEIRO; POERSCH; ROSA, 2008; OLIVEIRA et al., 2011) e de preparo anteriormente ao consumo (BORDIN et al., 2010; OVANDO-MARTÍNEZ et al., 2011).

O adequado uso e manejo do N, além de promover ganhos na produtividade do feijoeiro, pode ser uma alternativa para incrementar o teor protéico dos grãos (BORDIN et al., 2003; SORATTO et al., 2005; 2011; GOMES JUNIOR et al., 2005a; SILVA; LEMOS; TAVARES, 2006; FARINELLI; LEMOS, 2010; GOMES JUNIOR; SÁ, 2010).

De acordo com Carbonell et al. (2010), o rendimento de peneira, caracterizado pela classificação de grãos quanto ao tamanho e formato, é um atributo que vem sendo trabalhado em programas de melhoramento genético do feijoeiro, devido à influência genética e sua interação com o ambiente. Fiorentin et

al. (2012b) avaliaram os efeitos da adubação nitrogenada de cobertura (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹) nos atributos tecnológicos do feijoeiro (Pérola) cultivado no período de inverno-primavera em três sistemas de cultivo (milho exclusivo, milho consorciado com *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva). A massa de 100 grãos, bem como o rendimento de peneira foram afetados pelas doses de N em cobertura.

Bordin et al. (2003), estudando o efeito de doses de N (0, 25, 50 e 75 kg de N ha⁻¹) no feijoeiro (cv. Pérola) de inverno em sucessão à espécie de cobertura, obtiveram maior teor de proteína bruta (24,1%) com a aplicação de 75 kg de N ha⁻¹. Gomes Junior et al. (2005a) verificaram que a aplicação de 40 kg de N ha⁻¹ em cobertura elevou o teor protéico dos grãos, quando realizada em estádios mais avançados da fase vegetativa (a partir de V₄) do feijoeiro IAC Carioca. Silva, Lemos e Tavares (2006) verificaram incremento no teor de proteína bruta, tempo para cozimento e tempo para máxima hidratação dos grãos da cultivar Pérola, em sucessão a milho em SPD, mediante doses de N em cobertura (0, 30, 60 e 120 kg de N ha⁻¹) e aplicação foliar de molibdênio (0 e 80 g de Mo ha⁻¹).

Soratto et al. (2006) avaliaram os efeitos do parcelamento da adubação nitrogenada de cobertura (90-0; 60-30; 45-45; 30-60 e 0-90 kg de N ha⁻¹ aplicados, respectivamente, nos estádios V₄ e R₅ do feijoeiro), no desempenho agrônomo e nos atributos tecnológicos dos grãos da cultivar Pérola, comparativamente a à ausência da aplicação de N em cobertura, na sucessão milho/milho, milho/arroz e aveia-preta/arroz/aveia-preta, no SPD. A massa de 100 grãos, bem como o rendimento de peneiras maior ou igual a 12 não foram influenciados pelos tratamentos.

Farinelli e Lemos (2010) verificaram a influência do manejo do solo (convencional e SPD) e doses de N em cobertura (0, 40, 80, 120 e 160 kg de N ha⁻¹, fonte uréia) na produtividade e nos atributos tecnológicos dos grãos do feijoeiro (Pérola), em sucessão a aveia preta e milho. A aplicação de N elevou o teor de proteína bruta, diferentemente do que se observou quanto ao tempo para cozimento. Nos dois sistemas de manejo do solo, a aplicação de doses de N em cobertura elevou o tempo para a máxima hidratação dos grãos de feijão até a quantidade de 120 kg de N ha⁻¹.

Fiorentin et al. (2011), utilizando doses de N em cobertura (0, 40, 80, 120 e 160 kg de N ha⁻¹) no feijoeiro, cultivar Pérola, em diferentes palhadas (milho exclusivo, milho consorciado com *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva), observaram variações entre o número de vagens por planta, grãos por vagem e na produtividade de grãos em função da sucessão de culturas, com destaque para *U. ruziziensis*, no primeiro ano após implantação do SPD. Quanto aos atributos tecnológicos, os autores verificaram que o teor protéico dos grãos não foi alterado em função dos tratamentos. No entanto, as doses de N em cobertura influenciaram significativamente o tempo para cozimento dos grãos, iniciando com 35,4 minutos para o tratamento sem aplicação de N em cobertura, reduzindo quadraticamente até 29,9 minutos na dose de 105 kg de N ha⁻¹. Neste mesmo trabalho, o tempo de máxima hidratação dos grãos foi influenciado pelo sistema de cultivo, sem efeitos da adubação nitrogenada em cobertura.

Ao avaliar os efeitos de doses de N em cobertura (0, 40, 80, 120 e 160 kg de N ha⁻¹) no desempenho agrônomo e nos atributos tecnológicos do feijoeiro, IPR 139 (Juriti-claro), cultivado no período de inverno-primavera, em sucessão a gramíneas (milho exclusivo, milho consorciado com *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva), Mingotte (2011) não verificou alterações no teor protéico dos grãos em função dos tratamentos. No entanto, o sistema de cultivo influenciou no tempo para cozimento dos grãos; sendo que, os menores valores ocorreram no feijoeiro cultivado após milho e *U. ruziziensis* exclusivos; ocorrendo redução linear deste atributo em resposta às doses de N em cobertura.

Soratto et al. (2011) avaliaram os efeitos de doses de N em cobertura (0, 45 e 90 kg de N ha⁻¹) via nitrato de amônio e épocas de aplicação de N via foliar (sem aplicação de N via foliar; pulverização no estádio R₅, pré-floração; pulverização no estádio R₇; início da formação das vagens e; pulverizações nos estádios R₅ e R₇), via solução de uréia a 10%, sobre a produtividade e teor de proteína bruta nos grãos do feijoeiro (cv. IAC Alvorada) no SPD cultivado após milho consorciado com *U. brizantha*. A aplicação do N em cobertura, no estádio R₇, incrementou cerca de 35 a 49% a produtividade de grãos em relação a testemunha, ocorrendo acréscimos de 36 a 40% pela aplicação foliar na ausência da cobertura. Com a adubação em cobertura, a aplicação de N via foliar, independentemente da época, não alterou os

componentes da produção, a produtividade e o teor protéico dos grãos do feijoeiro. Na ausência da adubação de cobertura, duas aplicações de N via foliar na fase reprodutiva aumentaram a produtividade de grãos; bem como sua massa, tamanho e respectivo teor protéico.

Carmeis Filho et al. (2014) verificaram superior massa de 100 grãos e rendimento de peneira no feijoeiro (cv. IAC Formoso) cultivado em sucessão *U. ruziziensis* exclusiva comparativamente ao milho exclusivo e consorciado com a forrageira, sem efeitos de doses crescentes de N em cobertura (0, 40, 80, 120 e 160 kg de N ha⁻¹). Neste trabalho, o teor protéico dos grãos de feijão não foi afetado pelos fatores de estudo e o tempo para cozimento dos grãos diminuiu em função das doses de N aplicadas em cobertura no feijoeiro em sucessão a milho exclusivo. Na sucessão com *U. ruziziensis*, ocorreu superior massa de 100 grãos e retenção em peneira maior ou igual a 12, comparativamente aos demais sistemas de cultivo, sem efeitos da adubação nitrogenada em cobertura.

Diante do exposto, a obtenção de informações técnicas quanto aos efeitos do sistema de cultivo bem como do manejo da adubação nitrogenada em cobertura visando não somente o acréscimo do potencial produtivo, mas sua associação com os atributos tecnológicos do feijoeiro deve ser preconizada.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Características do local e histórico da área

O trabalho foi desenvolvido em Jaboticabal-SP, situado aproximadamente na latitude de 21° 14' 33" S e longitude de 48° 17' 10" W, a altitude média de 565 metros acima do nível do mar, com clima Aw (tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca de inverno), em Latossolo Vermelho eutrófico, de textura argilosa (ANDRIOLI; CENTURION, 1999; EMBRAPA, 2013), apresentando 533 g kg⁻¹ de argila, 193 g kg⁻¹ de silte e 274 g kg⁻¹ de areia.

Como histórico da área, o solo foi cultivado anteriormente com culturas anuais (milho, feijão, soja e arroz) por, no mínimo, 15 anos no sistema convencional de manejo físico do solo, com alguns períodos de pousio na área. Antes da instalação dos experimentos, procedeu-se à retirada de amostras de solo para determinação dos atributos químicos na camada 0-20 cm, obtendo-se valores de pH (CaCl₂): 5,7; M.O. (g dm⁻³): 22; P resina (mg dm⁻³): 53; H + Al; K; Ca; Mg; SB; CTC (mmolc dm⁻³): 18; 4,2; 34; 15; 53,2; 71,2 e V: 74,7%, respectivamente (JARDIM, 2013). Na safra 2008/09 foi implantado o SPD, efetuando-se a escarificação do solo, seguida de aração com arado de discos e duas passagens de grade niveladora e, posteriormente, implantando-se três sistemas de cultivo contendo milho e *U. ruziziensis* em cultivos exclusivos e em consórcio, antecedentes ao feijoeiro irrigado, mantendo-se tais sucessões até a instalação dos experimentos reportados na presente tese (safras 2011/12 e 2012/13).

3.2. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com 30 tratamentos arranjados em três sistemas de cultivo (SC) e dez combinações de parcelamento do N em cobertura (PN), com quatro repetições, totalizando 120 subparcelas (unidades experimentais).

As parcelas foram constituídas por três sistemas de cultivo contendo milho exclusivo, milho consorciado com *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva, todos em sucessão com o feijoeiro semeado em agosto sob irrigação, no SPD. As subparcelas foram compostas por combinações de parcelamento do N em cobertura no feijoeiro na dose de 90 kg de N ha⁻¹ via uréia, fornecidas por ocasião do primeiro trifólio completamente expandido, na presença do terceiro trifólio e no pré-florescimento, ou seja, V₃, V₄ e R₅ (FERNÁNDEZ; GEPTS; LÓPEZ, 1985), sendo 30+60+00, 60+30+00, 30+00+60, 60+00+30, 00+60+30, 45+45+00, 00+45+45 e 45+00+45, dose única em V₄ (00+90+00) e ausência da aplicação do nutriente em cobertura (Tabela 1).

Tabela 1. Descrição dos parcelamentos do nitrogênio em cobertura (PN) na dose de 90 kg de N ha⁻¹ no feijoeiro em sucessão ao milho e à *Urochloa ruziziensis* em cultivo exclusivo e consorciado, Jaboticabal-SP, 2012 e 2013 ¹.

Estádio ⁽¹⁾	PN1 ⁽²⁾	PN2 ⁽³⁾	PN3	PN4	PN5	PN6	PN7	PN8	PN9	PN10
V ₃	00	00	30	60	30	60	00	45	00	45
V ₄	00	90	60	30	00	00	60	45	45	00
R ₅	00	00	00	00	60	30	30	00	45	45

¹ Estádio fenológico; V₃ formação do primeiro trifólio; V₄ presença da terceira folha trifoliada; R₅ pré-florescimento. ² Ausência do N em cobertura. ³ Dose de N recomendada para a cultura do feijoeiro no Estado de São Paulo, segundo Ambrosano et al. (1997).

Cada subparcela foi formada por dez linhas de feijoeiro com cinco metros de comprimento, sendo consideradas úteis as oito linhas centrais, desprezando-se 0,5m de cada extremidade. A dose de N em cobertura aplicada (90 kg de N ha⁻¹) foi referente à classe de resposta alta em razão de ser cultura irrigada e cultivo após gramíneas, seguindo recomendações de Ambrosano et al. (1997). Como fonte de N em cobertura foi aplicada a uréia em filete contínuo a 10 cm da linha da cultura, com incorporação via 15mm de lâmina de água por irrigação.

3.3. Implantação e condução dos experimentos

Em 18/12/2011 e em 21/01/2013 realizou-se a semeadura mecânica do milho híbrido simples DKB 390 YG[®] na densidade populacional estimada de 60.000 plantas ha⁻¹, com linhas espaçadas de 0,9 m. Em 2011/12, a adubação de semeadura do milho foi com 24 kg de N ha⁻¹, 48 kg de P₂O₅ ha⁻¹ e 48 kg de K₂O ha⁻¹;

em cobertura foram utilizados 80 kg de N ha⁻¹ via 20-00-20, no estágio de desenvolvimento V₄, e 80 kg de N ha⁻¹ via uréia em V₆, aplicados em filete contínuo superficialmente ao solo ocorrendo em seguida pluviosidade de no mínimo 15 mm de lâmina de água. A semeadura mecânica da *U. ruziziensis* (cv. Comum) exclusiva e em consórcio com o milho, na proporção de duas linhas da forrageira espaçadas entre si de 22 cm entre as linhas do milho, foi realizada simultaneamente à semeadura do milho, distribuindo-se 7,5 kg de sementes ha⁻¹. As operações de semeadura mecânica dos cultivos de verão foram realizadas com auxílio de uma semeadora de consórcio marca Semeato®, modelo plantio direto SHM 11/13® (Figura 1).



Figura 1. Semeadura do milho exclusivo, milho + *Urochloa ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva, em Jaboticabal-SP, safras 2011/12 e 2012/13.

Na safra 2012/13 foram realizados os mesmos procedimentos descritos anteriormente, com exceção das adubações de semeadura e cobertura, sendo aplicados na base 13 kg de N ha⁻¹, 46 kg de P₂O₅ ha⁻¹ e 26 kg de K₂O ha⁻¹ e 80 kg de N ha⁻¹ via 20-00-20, em V₄, e 112 kg de N ha⁻¹ via uréia em V₆₋₇. Em ambas as safras, as mesmas adubações de semeadura e de cobertura aplicadas no milho exclusivo foram disponibilizadas no consórcio, não sendo realizadas adubações na *U. ruziziensis* exclusiva. A colheita do milho, exclusivo e consorciado com *U. ruziziensis*, foi realizada mecanicamente em 06/05/2012 e 04/06/2013 e a área total do experimento foi dessecada, com herbicida não seletivo glifosato (1.800 g ha⁻¹ de i.a.), aos 30 dias antes da semeadura do feijoeiro. A pluviosidade assim como a temperatura máxima e mínima, ocorridos a cada cinco dias, durante os cultivos de verão nas safras 2011/12 e 2012/13 encontram-se na Figura 2.

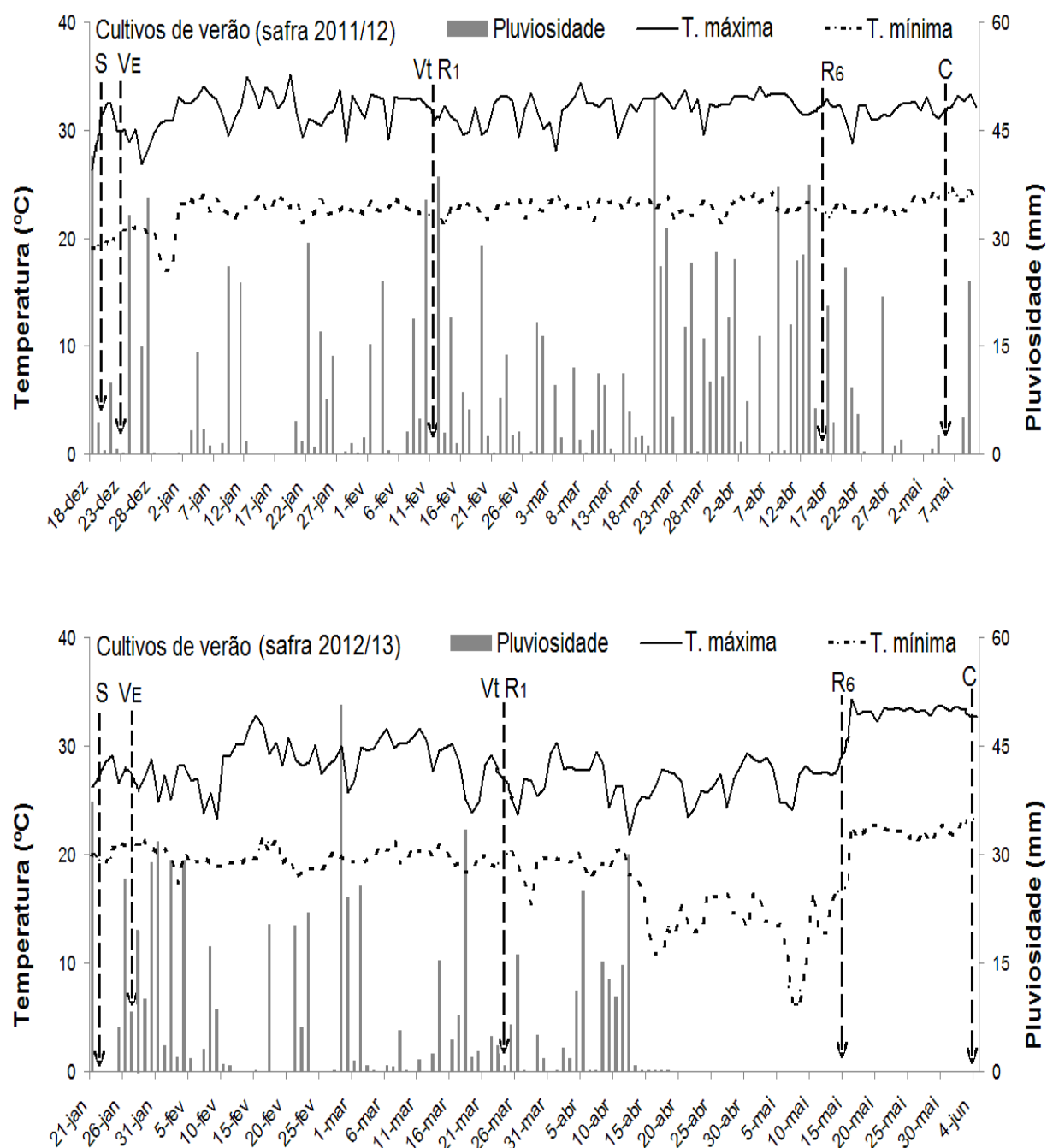


Figura 2. Precipitação pluvial acumulada, temperatura máxima e mínima, média de cada cinco dias, durante os cultivos de verão contendo milho exclusivo, milho + *Urochloa ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva. Safra 2011/12 = semeadura (S) em 18 de dezembro, emergência (V_E) em 23 de dezembro, pendoamento (V_t) e florescimento feminino (R₁) em 10 e 13 de fevereiro, respectivamente; maturidade fisiológica (R₆) em 16 de abril e colheita (C) em 6 de maio. Safra 2012/13 = semeadura (S) em 21 de janeiro, emergência (V_E) em 27 de janeiro, pendoamento (V_t) e florescimento feminino (R₁) em 28 e 23 de março, respectivamente; maturidade fisiológica (R₆) em 15 de maio e colheita (C) em 4 de junho. Fonte: Estação Agroclimatológica do Câmpus da FCAV/UNESP – Jaboticabal, SP.

No final do ciclo das culturas antecessoras ao feijoeiro da safra 2012, procedeu-se à coleta de amostras de solo determinando-se os atributos químicos na camada 0-20cm, obtendo pH (CaCl₂): 5,2; M.O. (g dm⁻³): 22; P resina (mg dm⁻³): 67; H + Al; K; Ca; Mg; SB; CTC (mmol_c dm⁻³): 31,5; 6,1; 23,5; 11; 40,6; 72,1 e V: 56,5%, respectivamente. Por meio desses resultados optou-se em aplicar superficialmente 1,5 t ha⁻¹ de calcário dolomítico com 90% de PRNT. Na safra subsequente (2013), foram observados pH (CaCl₂): 5,3; M.O. (g dm⁻³): 28; P resina (mg dm⁻³): 126; H + Al; K; Ca; Mg; SB; CTC (mmol_c dm⁻³): 34; 5,4; 36; 20; 61,4; 95,4 e V: 64,0%, respectivamente.

Quanto ao cultivo do feijoeiro, na safra 2012, utilizou-se a cultivar Pérola, distribuindo-se mecanicamente 12,5 sementes por metro, semeando-se diretamente sobre a palhada de milho e de *U. ruziziensis* em 18/08/2012. As sementes foram tratadas com carbendazim + tiram (45 g e 105 g de i.a. por 100 kg de sementes, respectivamente) e tiametoxam (140 g de i.a. por 100 kg de sementes). A adubação de semeadura foi de 300 kg ha⁻¹ do formulado 05-15-15. O controle de plantas invasoras foi realizado mediante a aplicação de herbicida pós-emergente a base de fluazifop-p-butil (75 g ha⁻¹ de i.a.) aos 18 DAE das plântulas. Efetuou-se o controle de insetos-praga e doenças com azoxistrobina (40 g i.a. ha⁻¹), lambda-cialotrina (30 g i.a. ha⁻¹) + tiametoxan (14,1 g i.a. ha⁻¹), tebuconazol (136 g i.a. ha⁻¹) + trifloxistrobina (68 g i.a. ha⁻¹), detametrina (3,5 g i.a. ha⁻¹) e triazofós (122 g i.a. ha⁻¹), carbendazin (250 g i.a. ha⁻¹) e famoxadona (100 g i.a. ha⁻¹) + mancozeb (1000 g i.a. ha⁻¹). A colheita do feijoeiro foi realizada com arranquio manual, seguido de trilha mecanizada (20/11/2012), quando as plantas estavam com as hastes desfolhadas e 90% das vagens secas.

No segundo ano de experimentação (safra 2013) utilizou-se a cultivar de feijoeiro IPR 139 (Juriti-claro), com semeadura em 08/08/2013, sob os mesmos procedimentos técnicos adotados no ano anterior, com exceção da adubação de semeadura, que foi composta por 300 kg ha⁻¹ do formulado 04-15-08. Aos 15 DAE do feijoeiro, realizou-se aplicação do herbicida fluazifop-p-butil (75 g i.a. ha⁻¹). O controle de insetos-praga e doenças foi realizado com aplicações de azoxystrobina (40 g i.a. ha⁻¹), lambda-cialotrina (30 g i.a. ha⁻¹) e abamectina (5,4 g i.a. ha⁻¹) entre 20 e 25 DAE, tiametoxam (14,1 g i.a. ha⁻¹) e lambda-cialotrina (10,6 g i.a. ha⁻¹) aos

40 DAE e aos 65 DAE foram aplicados piraclostrobina (75 g i.a. ha⁻¹), deltametrina (3,5 g i.a. ha⁻¹) e triazofós (122 g i.a. ha⁻¹). Aos 90 DAE realizou-se o arranquio manual das plantas presentes na área útil em cada subparcela (06/11/2013), seguindo de trilha mecanizada.

Nas duas safras, o feijoeiro foi semeado no espaçamento de 0,45m entrelinhas e densidade de semeadura de 12,5 sementes por metro de sulco a fim de estabelecer na colheita populações entre 220 mil e 240 mil plantas ha⁻¹ (Figura 3). As plântulas emergiram aos quatro dias após a semeadura, ocorrendo o estágio V₃ aos 23 e aos 19 DAE, V₄ aos 33 e aos 25 DAE e, R₅ aos 49 e aos 53 DAE, nas safras 2012 e 2013, respectivamente.



Figura 3. Tratamento de sementes, aferição e regulagem da distribuição de fertilizante e sementes e operação de semeadura do feijoeiro cultivar Pérola em 18/08/2012 (safra 2012) e da cultivar IPR 139 (Juriti-claro) em 08/08/2013 (safra 2013), em sucessão ao milho e *U. ruziziensis* exclusivos e em consórcio, em Jaboticabal-SP.

O feijoeiro foi mantido em regime de irrigação por aspersão convencional, com turno de rega de 4 a 6 dias, utilizando-se 10 a 15 mm de lâmina de água por turno, dependendo da fase de desenvolvimento das plantas. A pluviosidade assim como a temperatura máxima e mínima, de cada cinco dias, durante o período de desenvolvimento do feijoeiro nos dois anos agrícolas encontra-se na Figura 4.

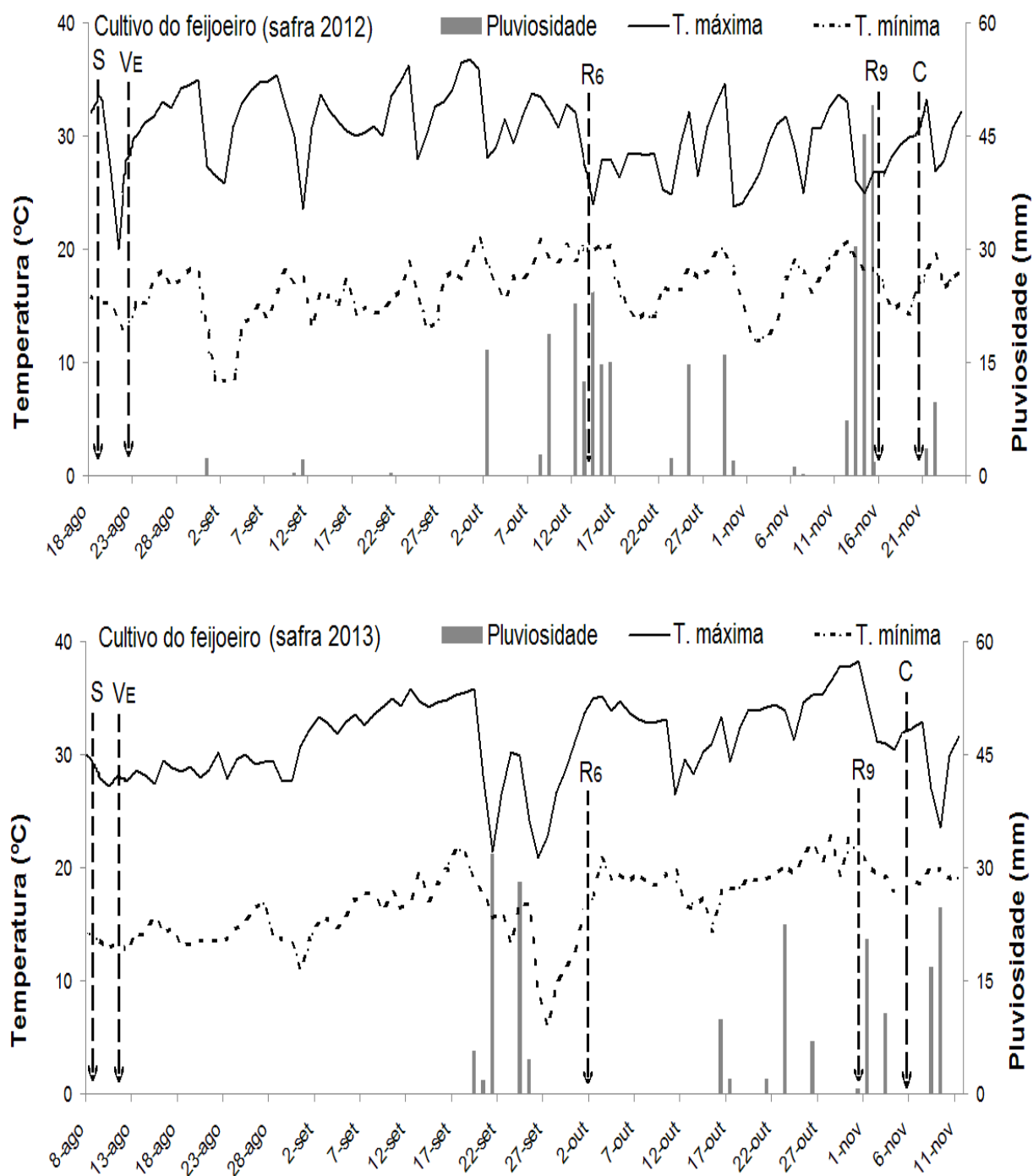


Figura 4. Precipitação pluvial acumulada, temperatura máxima e mínima, média de cada cinco dias, durante o período de desenvolvimento do feijoeiro. Safra 2012 = semeadura (S) em 18 de agosto, emergência (V_E) em 22 de agosto, florescimento (R_6) em 16 de outubro, maturidade fisiológica (R_9) em 16 de novembro e colheita (C) em 20 de novembro. Safra 2013 = semeadura (S) em 8 de agosto, emergência (V_E) em 12 de agosto, florescimento (R_6) em 2 de outubro, maturidade fisiológica (R_9) em 1 de novembro e colheita (C) em 6 de novembro. Fonte: Estação Agroclimatológica do Câmpus da FCAV/UNESP – Jaboticabal, SP.

3.4. Avaliações

3.4.1. Desempenho agrônômico do milho em função do consórcio com *U. ruziziensis* e do efeito residual dos parcelamentos do nitrogênio em cobertura

Nos dois anos de cultivo do milho; exclusivo e consorciado com *U. ruziziensis*; (safras 2011/12 e 2012/13) foram avaliados o teor de N total foliar, a altura de plantas e de inserção da espiga principal, diâmetro do colmo, número de fileiras por espiga e número de grãos por espiga, massa de 1000 grãos e produtividade de grãos, índice colheita e o teor de proteína bruta no grão, conforme descrito a seguir.

a) teor de N total foliar (g kg^{-1}) - por ocasião do florescimento feminino - R_1 (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 2003) foram coletadas em dez plantas por subparcela, o terço central de dez folhas abaixo e opostas à espiga principal, excluindo-se a nervura central (COELHO et al., 2002) (Figura 5), lavadas com água corrente e detergente a 1%, secas em estufa com circulação forçada de ar a 60-70°C; e em seguida foram processadas em moinho tipo Wiley e se determinou o teor de N, segundo método descrito por Bataglia et al. (1983) (Figura 6);



Figura 5. Coleta de folhas localizadas opostas e abaixo da espiga principal para determinação do teor de nitrogênio foliar no milho cultivado exclusivamente e em consórcio com *U. ruziziensis*. Jaboticabal-SP, safras 2011/12 e 2012/13.

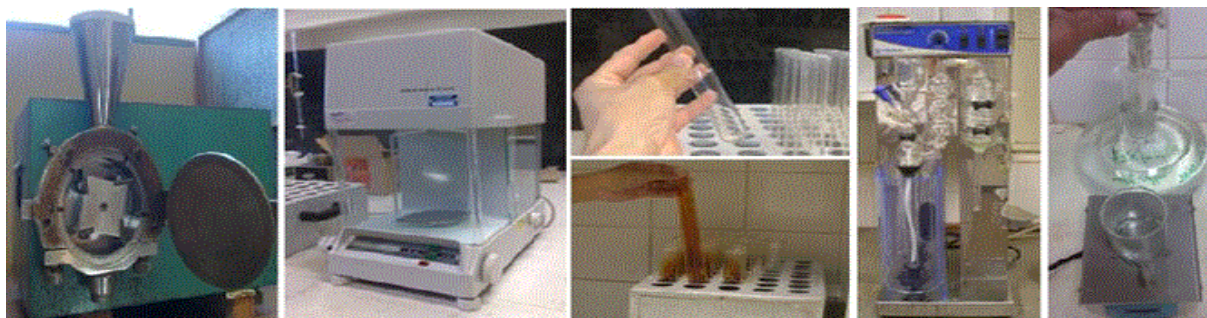


Figura 6. Processamento das amostras e determinações do teor de nitrogênio total foliar e de proteína bruta nos grãos de milho e de feijão e do teor de nitrogênio na palhada dos diferentes sistemas de cultivo contendo milho e *U. ruziziensis*. Jaboticabal-SP, safras 2011/12 e 2012/13.

b) altura de planta (cm) - foi medida por ocasião da maturidade fisiológica em 10 plantas por subparcela, época em que os grãos apresentavam a camada negra (R₆) no ponto de inserção com o sabugo, medindo-se com o auxílio de uma régua graduada a distância entre o colo da planta e a inserção da última folha (Figura 7a);

c) altura de inserção da espiga principal (cm) - foi realizada medindo-se a distância entre o colo da planta e a inserção da espiga principal, em amostras de 10 plantas, tomadas ao acaso, dentro da área útil de cada subparcela (Figura 7b);

d) diâmetro do colmo (mm) - foi medido utilizando-se um paquímetro no segundo entrenó acima das raízes adventícias (expresso em milímetros) de 5 plantas, tomadas ao acaso, dentro da área útil de cada subparcela (Figura 7c);

e) número de fileiras e de grãos por espiga - no momento da colheita foram retiradas cinco espigas representativas de cada parcela para contagem do número de fileiras e de grãos em cada fileira, chegando-se ao número de grãos por espiga (Figura 8);

f) massa de 1000 grãos (g) - determinada pela coleta ao acaso e pesagem de quatro amostras de 1000 grãos, representando a área útil de cada subparcela, realizando-se sua pesagem com correção dos valores para 0,13 kg kg⁻¹ em base úmida (Figura 8);



Figura 7. Determinação da altura de plantas (a); inserção da espiga principal (b) e do diâmetro de colmo (c) no milho cultivado exclusivamente e em consórcio com *U. ruziziensis*. Jaboticabal-SP, safras 2011/12 e 2012/13.

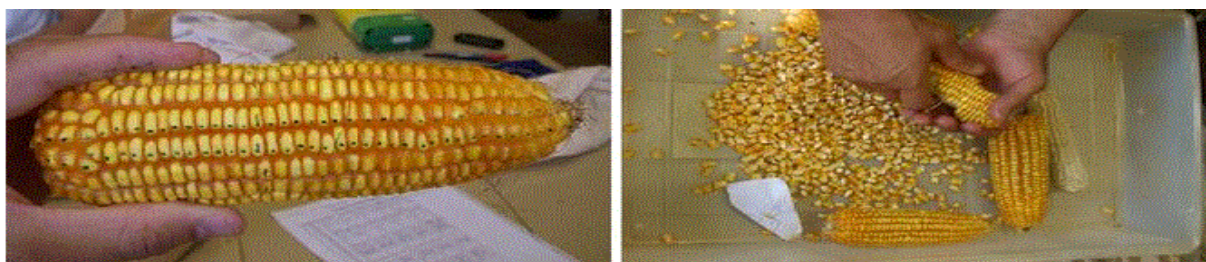


Figura 8. Determinação dos componentes de produção número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, número de grãos por espiga e massa de 1000 grãos no milho cultivado exclusivamente e em consórcio com *U. ruziziensis*. Jaboticabal-SP, safras 2011/12 e 2012/13.

g) produtividade de grãos (kg ha^{-1}) - após a maturidade dos grãos, foi efetuada a colheita manual das espigas da área útil em cada subparcela, sendo posteriormente trilhadas mecanicamente, determinando-se a produtividade de grãos, corrigindo-se o teor de água para $0,13 \text{ kg kg}^{-1}$ em base úmida (Figura 9);

h) índice de colheita - foi obtido após a maturidade fisiológica (R_9) pela relação percentual entre a matéria seca de grãos e a matéria seca total da parte aérea (fitomassa total), em cinco plantas na área útil de cada subparcela (Figura 10);



Figura 9. Colheita das espigas presentes na área útil de cada subparcela para quantificação da produtividade de grãos do milho cultivado exclusivamente e em consórcio com *U. ruziziensis*. Jaboticabal-SP, safras 2011/12 e 2012/13.



Figura 10. Coleta de plantas presentes em cada subparcela para determinação do índice de colheita no milho cultivado exclusivamente e em consórcio com *U. ruziziensis*. Jaboticabal-SP, safras 2011/12 e 2012/13.

i) teor de proteína bruta nos grãos (g kg^{-1}) – determinado pela análise do nitrogênio contido nos grãos provenientes de cada subparcela, seguindo o método de Bataglia et al. (1983). Os valores do teor total de N nos grãos foram multiplicados por 6,25 (AOAC, 1995) obtendo-se o teor de proteína bruta (TPB) correspondente (Figura 6).

3.4.2. Cobertura vegetal do milho e da *U. ruziziensis* em função do consórcio e do efeito residual do parcelamento do nitrogênio na cultura antecessora

Posteriormente à colheita do milho, nos dois anos de experimentação (safras 2011/12 e 2012/13) e nos três sistemas de cultivo (milho exclusivo, milho + *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva) foram determinados os valores referentes ao recobrimento da superfície do solo aos dez dias antes da semeadura do feijoeiro, a quantidade de palhada ou matéria seca produzida, assim como seu respectivo teor e acúmulo de nitrogênio, conforme descrito a seguir.

a) recobrimento da superfície do solo (%) - de acordo com o método descrito por Laflen, Amemiya e Hintz (1981), que consta na distribuição aleatória de uma fita de 15m de comprimento, graduada a cada 15 cm, totalizando 100 pontos na superfície da área útil de cada subparcela verificando-se a porcentagem de incidência dos pontos com a ocorrência de palhada (Figura 11);

b) quantidade de palhada ou matéria seca ($t\ ha^{-1}$) - foi utilizado quadro de madeira com dimensões internas de 0,5m x 0,5m, sendo coletadas amostras correspondentes a cada subparcela e submetidas à lavagem e secas em estufa de ventilação forçada de ar a 65 a 70°C até massa constante (Figura 12);

c) teor e acúmulo de N na palhada ($g\ kg^{-1}$) - após a determinação da quantidade de palhada produzida, o material foi submetido à lavagem em água deionizada, conduzido à estufa de circulação de ar forçada sob temperatura de 65 a 70°C até massa constante, moído e levado para digestão e determinação do teor de N de acordo com método descrito por Bataglia et al. (1983), (Figura 10). Com os resultados da quantidade de palhada (matéria seca) produzida e os respectivos teores de N, foi calculado o acúmulo do nutriente nos diferentes sistemas de cultivo antecessores ao feijoeiro.



Figura 11. Determinação da porcentagem de recobrimento do solo pela palhada dos diferentes sistemas de cultivo contendo milho e *U. ruziziensis*. Jaboticabal-SP, safras 2011/12 e 2012/13.



Figura 12. Quantificação da palhada produzida pelos diferentes sistemas de cultivo contendo milho e *U. ruziziensis*. Jaboticabal-SP, safras 2011/12 e 2012/13.

3.4.3. Desempenho agrônômico e viabilidade econômica do feijoeiro em função do parcelamento do nitrogênio em cobertura em sucessão a milho e *U. ruziziensis*

No feijoeiro, nos dois anos agrícolas (safras 2012 e 2013), foram realizadas avaliações quanto à população inicial e final de plantas, massa seca da parte aérea, número de trifólios por planta, o teor de N total foliar, índice SPAD, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos, produtividade de grãos, eficiência agrônômica, bem como a análise econômica da aplicação parcelada do nitrogênio em cobertura no feijoeiro nos diferentes sistemas de cultivo, conforme descrito a seguir.

a) população inicial e final (mil plantas ha⁻¹) - realizadas contagens de plântulas na emergência e de plantas por ocasião da colheita, de duas linhas centrais na área útil de cada subparcela, cujos valores foram utilizados para a obtenção do número de plantas por hectare (Figura 13);



Figura 13. a) determinação da população inicial; b) determinação do estágio R₆ (florescimento) utilizado como base na determinação da massa seca da parte aérea, número de trifólios por planta; c) coleta de trifólios para determinação do teor de nitrogênio total foliar, leitura do índice SPAD; d) determinação da população final; no feijoeiro em função do sistema de cultivo antecessor e do parcelamento do nitrogênio em cobertura. Jaboticabal-SP, safras 2012 e 2013.

b) massa seca da parte aérea (g planta^{-1}) - mediante a coleta de cinco plantas no florescimento pleno na área útil de cada subparcela e posteriormente lavadas e secas em estufa de ventilação forçada de ar a 60-70°C por 72 horas, e em seguida pesadas, convertendo os valores para g planta^{-1} (Figura 13);

c) número de trifólios por planta - determinou-se o número de trifólios completamente desenvolvidos em cinco plantas em R_6 em uma linha de cultivo de cada subparcela (Figura 13);

d) teor de N total foliar (g kg^{-1}) - foram coletados no florescimento da cultura a terceira folha trifoliada com pecíolo do terço médio de 30 plantas de cada subparcela, de acordo com as recomendações de Ambrosano et al. (1997). As folhas foram submetidas à lavagem em água deionizada por três vezes, com condução à estufa de circulação de ar forçada sob temperatura de 65 a 70°C até massa constante. Depois de secas foram moídas e levadas para digestão e determinação do teor de N de acordo com método descrito por Bataglia et al. (1983), (Figura 10);

e) índice SPAD - no florescimento pleno do feijoeiro (R_6) realizou-se a leitura do índice SPAD ("Soil Plant Analysis Development") pela medida indireta do teor de clorofila, com o aparelho CCM-200 "Chlorophyll Content Meter - Opti-Sciences®" (KNIGHTON; BUGBEE, 2015) no terceiro trifólio do terço médio, na região mediana em cada folíolo, em trinta plantas por subparcela, entre as 08h00min e 10h00min (Figura 13);

f) número de vagens por planta e de grãos por vagem - antes da colheita do feijoeiro, em uma das linhas da área útil de cada subparcela, foram coletadas dez plantas consecutivas para a determinação do número de vagens por planta, número de grãos por vagem (Figura 14);

g) massa de 100 grãos (g) - amostras provenientes da avaliação anterior foram utilizadas para contagem de 4 subamostras de 100 grãos por subparcela

experimental, e realização das pesagens com padronização dos resultados para $0,13 \text{ kg kg}^{-1}$, em base úmida (Figura 14);



Figura 14. Determinação do número de vagens por planta (a), número de grãos por vagem (a e b) e da massa de 100 grãos (c) do feijoeiro em função do sistema de cultivo antecessor e do parcelamento do nitrogênio em cobertura. Jaboticabal-SP, safras 2012 e 2013.

h) produtividade de grãos - obtida após arranquio manual e trilha mecanizada das plantas presentes nas quatro linhas centrais de cada subparcela, com determinação do teor de água dos grãos, padronizando-se para $0,13 \text{ kg kg}^{-1}$ em base úmida (Figura 15);

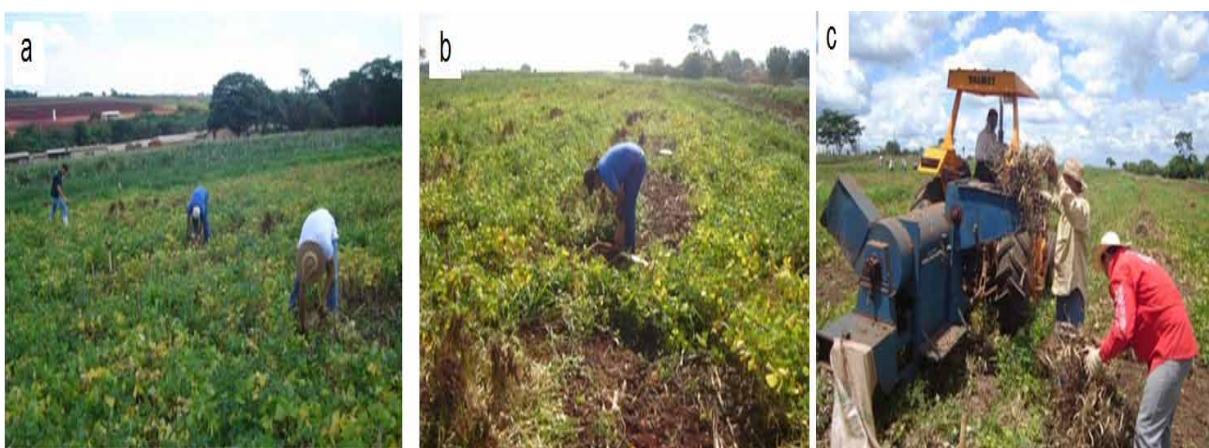


Figura 15. Procedimentos de arranquio (a), secagem em pleno sol (b) e trilha mecânica (c) durante a colheita para determinação da produtividade de grãos do feijoeiro em função do sistema de cultivo antecessor e do parcelamento do nitrogênio em cobertura. Jaboticabal-SP, safras 2012 e 2013.

i) eficiência agronômica (EA) - de acordo com o método descrito por Fageria e Baligar (2005), utilizando-se a fórmula $EA = (PG_{cf} - PG_{sf}) / (QNa)$, expressa em $kg\ kg^{-1}$, em que PG_{cf} é a produção de grãos com fertilizante nitrogenado; PG_{sf} é a produção de grãos sem fertilizante nitrogenado; e QNa é a quantidade de N aplicado em kg;

j) viabilidade econômica - foram calculados o ganho relativo e a dose economicamente viável em função dos parcelamentos do N em cobertura no feijoeiro em cada sistema de cultivo em ambas as safras. O ganho relativo foi obtido pela fórmula $[(PG_{cf} - PG_{sf}) \times (100) / PG_{sf}]$, onde, PG_{cf} = produção de grãos com fertilizante nitrogenado; PG_{sf} = produção de grãos sem fertilizante nitrogenado. A dose economicamente viável foi estabelecida de acordo com os princípios de Mitscherlich (PIMENTEL GOMES, 1976), também conhecida como lei dos incrementos decrescentes, pela equação $X^* = (1/2) Xu + (1/C) \log (Wu / t Xu)$, onde: X^* = dose economicamente viável; u = acréscimo de produtividade proporcionado pela dose Xu aplicada ($90\ kg\ de\ N\ ha^{-1}$) em relação à testemunha (sem N); W = preço unitário do produto agrícola (feijão) considerando cotação de R\$110,00 a saca de 60 kg, ou seja, R\$1,83 kg^{-1} (Bolsa de Cereais de São Paulo, 2014); t = preço unitário do nutriente (N) considerando cotação de R\$1.879,30 por tonelada da uréia (46% de N), ou seja, R\$4,08 kg^{-1} de N (IEA, 2014) e C = coeficiente de eficácia 0,0049 $ha\ kg^{-1}$ de N (PIMENTEL GOMES, 1976). Considerou-se viabilidade econômica quando X^* foi igual ou superior a quantidade de N aplicada, ou seja, $90\ kg\ de\ N\ ha^{-1}$.

3.4.4. Atributos tecnológicos dos grãos do feijoeiro em função do sistema de cultivo e do parcelamento do nitrogênio em cobertura

Após a colheita do feijoeiro, em ambas as safras, amostras de grãos de cada subparcela foram acondicionadas em sacos de papel e armazenadas por 30 dias em câmara seca a temperatura de 25°C e umidade relativa de 40%. Após esse período, foram avaliados os atributos tecnológicos dos grãos, conforme descrito a seguir.

a) rendimento de peneira (RP) - as amostras de grãos foram submetidas ao conjunto de peneiras de crivos oblongos 11/64" x 3/4 (4,37 x 19,05 mm), 12/64" x 3/4 (4,76 x 19,05 mm), 13/64" x 3/4 (5,16 x 19,05 mm), 14/64" x 3/4 (5,56 x 19,05 mm), 15/64" x 3/4 (5,96 x 19,05 mm) e maior ou igual a 12/64" x 3/4 (4,76 x 19,05 mm) em agitação por um minuto, determinando-se o rendimento de peneira. O percentual de grãos foi calculado por meio da relação entre o peso dos grãos retidos em cada peneira e o peso total da amostra de cada subparcela (Figura 16);



Figura 16. Rendimento de peneira dos grãos do feijoeiro em função do sistema de cultivo antecedente e do parcelamento do nitrogênio em cobertura. Jaboticabal-SP, safras 2012 e 2013.

b) teor de proteína bruta (g kg^{-1}) - determinado pela fórmula $\text{TPB} = \text{N total} \times 6,25$ (AOAC, 1995), em que o N total representou o respectivo teor total de N nos grãos provenientes de cada subparcela, obtido pela digestão sulfúrica, de acordo com Bataglia et al. (1983), (Figura 10);

c) tempo para cozimento (minutos) – amostras homogêneas de grãos classificados em peneira de furos oblongos 12/64 x 3/4" (4,76 x 19,05mm) foram

submetidas ao cozedor de Mattson, descrito por Durigan (1979), que consta basicamente de 25 estiletes verticais, cada um com peso de 90 gramas, terminados em ponta de 1/16" de diâmetro. A ponta fica apoiada no grão de feijão durante o cozimento e quando o grão encontra-se cozido a ponta penetra-o deslocando o estilete. O tempo final para cozimento da amostra foi obtido quando $50\% + 1$, ou seja, com 14 estiletes deslocados. Para essa determinação os grãos foram hidratados em água destilada durante um período de 12 horas (Figura 17). Durante a condução do teste a temperatura da água foi mantida a 96°C. De posse dos dados, adotou-se a escala de Proctor e Watts (1987) para verificar o nível de resistência ao cozimento, sendo muito suscetível (< 16 minutos); susceptibilidade média (16 a 20 minutos); resistência normal (21 a 28 minutos); resistência média (29 a 32 minutos); resistente (33 a 36 minutos) e muito resistente (> 36 minutos);



Figura 17. Determinação do tempo para cozimento em grãos do feijoeiro em função do sistema de cultivo antecessor e do parcelamento do nitrogênio em cobertura. Jaboticabal-SP, safras 2012 e 2013.

d) capacidade de hidratação dos grãos - amostras de grãos provenientes de cada subparcela foram homogeneizadas e classificados em peneira de furos oblongos 12/64 x 3/4" (4,76 x 19,05 mm) e, submetidas à metodologia descrita por Durigan

(1979), que consiste na utilização de uma proveta graduada com capacidade de 500 mL e precisão de 5 mL, béqueres com capacidade de 250 mL. Em cada béquer foi colocada uma amostra de 50 gramas de grãos previamente escolhidos, adicionando-se 200 mL de água destilada. De hora em hora num intervalo de 12 horas foram feitas avaliações do volume de água não absorvido pelos grãos, vertendo-a do béquer para a proveta. Ao final do tempo previsto para a hidratação a água em excesso foi drenada e os grãos pesados. Não foram detectados grãos com casca dura. A relação de hidratação (RH) foi determinada pela razão entre a massa final e a massa inicial dos grãos. Foi aplicado o estudo de regressão polinomial entre o tempo (horas) e a capacidade de hidratação (mL), visando determinar o tempo necessário à máxima hidratação (TMH) dos grãos de feijão. Durante a condução do teste a temperatura da água foi de 25°C (Figura 18).



Figura 18. Determinação da capacidade de hidratação, por meio da relação de hidratação e tempo necessário para máxima hidratação em grãos do feijoeiro em função do sistema de cultivo antecessor e do parcelamento do nitrogênio em cobertura. Jaboticabal-SP, safras 2012 e 2013.

3.5. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$) e as médias comparadas pelo teste Tukey ($p < 0,05$) com auxílio do aplicativo computacional SISVAR[®] (FERREIRA, 2011). Nos casos de significância pelo teste F, foram realizados os desdobramentos das interações SC x PN.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Desempenho agronômico do milho em função do consórcio com *U. ruziziensis* e do efeito residual dos parcelamentos do nitrogênio em cobertura

Em ambas as safras, ocorreram diferenças no teor de N total foliar em função do sistema de cultivo no qual o milho foi submetido, com superioridade no consórcio com *U. ruziziensis* (Tabela 2), contrariamente ao reportado por Costa et al. (2012) e concordantes com as observações de Borghi et al. (2013) em milho cultivado exclusivamente e em consórcio com *U. brizantha* semeados simultaneamente. Contudo, foram verificados valores dentro da faixa considerada como adequada (27 a 35 g kg⁻¹), proposta por Cantarella et al. (1997).

A altura das plantas do milho não foi influenciada pelo sistema de cultivo e pelos parcelamentos do N em cobertura aplicados no feijoeiro antecedente (Tabela 2), corroborando com Borghi et al. (2013) e Ferreira et al. (2014). Quanto à altura de inserção de espigas, ocorreu acréscimo nesta característica quando em consórcio com *U. ruziziensis*, na safra 2012/13, contrariamente ao verificado por Borghi et al. (2013). O consórcio com *U. ruziziensis* reduziu o diâmetro do colmo do milho na safra 2011/12, não ocorrendo o mesmo no cultivo subsequente.

O número de fileiras por espiga, bem como o número de grãos por fileira, grãos por espiga e massa de mil grãos do milho não foram alterados em função do consórcio e do residual do N em cobertura aplicado no feijoeiro antecedente (Tabela 3), corroborando com Borghi et al. (2013) e Costa et al. (2014b).

O mesmo comportamento em relação ao número de fileiras por espiga e massa de mil grãos do milho em cultivo exclusivo comparativamente ao consórcio com gramíneas forrageiras foi observado por Ferreira et al. (2014); entretanto, com diferenças entre o monocultivo e as modalidades de consórcio para o número de grãos por fileira, indicando supressão devido à competição com a forrageira.

Tabela 2. Teor de N total foliar, altura de plantas e de inserção da espiga principal e diâmetro do colmo do milho em função do cultivo exclusivo e consorciado com *U. ruziziensis* e do efeito residual do parcelamento do nitrogênio aplicado em cobertura na cultura antecessora (feijoeiro). Jaboticabal-SP, safras 2011/12 e 2012/13¹.

Tratamentos	Teor de N foliar				Altura da planta				Inserção da espiga				Diâmetro do colmo			
	2011/12		2012/13		2011/12		2012/13		2011/12		2012/13		2011/12		2012/13	
	----- g kg ⁻¹ -----				----- cm -----				----- mm -----							
Sistemas de cultivo (SC)																
Milho	30 b		33 b		220		234		128		131 b		23,4 a		22,7	
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	32 a		34 a		216		233		127		137 a		20,3 b		22,4	
<i>U. ruziziensis</i>	-		-		-		-		-		-		-		-	
CV (%)	2,4		1,2		3,1		4,4		2,0		3,3		10,0		6,0	
DMS (Tukey - p<0,05)	0,53		0,27		4,75		7,29		1,78		3,18		1,56		0,97	
Parcelamento do N (PN) ²																
00+00+00	31		34		220		238		129		136		22,5		22,3	
00+90+00	31		34		219		235		125		135		22,9		22,5	
30+60+00	31		34		215		236		128		135		21,6		23,1	
60+30+00	31		34		217		232		127		134		21,7		21,7	
30+00+60	30		34		220		232		127		133		21,3		22,7	
60+00+30	32		35		218		232		127		134		21,1		22,4	
00+60+30	32		34		218		230		126		132		21,1		22,5	
45+45+00	31		33		215		229		128		133		22,1		22,2	
00+45+45	30		34		220		233		127		135		22,8		22,7	
45+00+45	30		34		220		235		128		134		21,7		23,1	
CV (%)	4,9		2,4		3,1		2,5		5,1		2,3		10,4		4,4	
DMS (Tukey - p<0,05)	2,50		1,37		11,28		9,64		10,62		5,20		3,74		1,65	

¹ Médias seguidas de letras distintas na coluna, dentro de cada fator, diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05). * (p<0,05), ** (p<0,01) e ^{ns} (não significativo), respectivamente pelo teste F. ² Quantidade de N aplicada em cobertura na cultura antecessora (feijoeiro) nos estádios fenológicos V₃ (formação do primeiro trifólio), V₄ (presença da terceira folha trifoliada) e R₅ (pré-florescimento), respectivamente.

Tabela 3. Número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, número de grãos por espiga e massa de mil grãos do milho em função do cultivo exclusivo e consorciado com *U. ruziziensis* e do efeito residual do parcelamento do nitrogênio aplicado em cobertura na cultura antecessora (feijoeiro). Jaboticabal-SP, safras 2011/12 e 2012/13 ⁽¹⁾.

Tratamentos	Fileiras por espiga		Grãos por fileira		Grãos por espiga		Massa de mil grãos	
	2011/12	2012/13	2011/12	2012/13	2011/12	2012/13	2011/12	2012/13
----- n° ----- g -----								
Sistemas de cultivo (SC)								
Milho	16,4	18,6	34,9	26,8	563,5	497,4	377,3	366,2
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	16,2	18,2	35,6	27,0	583,4	491,5	381,1	365,0
<i>U. ruziziensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
CV (%)	2,6	7,3	4,9	12,4	7,1	18,3	7,0	11,4
DMS (Tukey - p<0,05)	0,30	0,95	1,24	2,39	28,83	64,42	19,01	29,63
Parcelamento do N (PN) ²								
00+00+00	16,3	18,6	34,7	27,1	565,1	502,0	355,7	381,7
00+90+00	16,1	18,6	35,1	25,8	562,9	477,6	386,6	372,4
30+60+00	16,0	18,5	35,9	26,2	572,9	484,0	386,7	360,1
60+30+00	16,4	18,4	35,4	26,7	580,3	489,3	387,6	340,7
30+00+60	16,3	18,3	36,1	25,8	586,2	471,6	372,2	359,3
60+00+30	16,2	18,4	35,7	27,7	579,1	508,5	382,1	381,8
00+60+30	16,4	18,5	35,7	27,8	584,2	513,1	375,3	367,9
45+45+00	16,3	18,6	34,9	27,4	568,1	510,4	383,1	370,6
00+45+45	16,6	18,6	34,2	27,1	568,2	502,0	373,2	345,5
45+00+45	16,3	17,9	34,8	27,2	567,9	486,0	389,9	375,9
CV (%)	4,2	3,6	5,4	6,5	7,3	7,1	6,4	9,1
DMS (Tukey - p<0,05)	1,12	1,09	3,16	2,89	69,35	57,90	40,36	54,98
Teste F								
SC	5,26 ^{ns}	1,53 ^{ns}	3,53 ^{ns}	0,09 ^{ns}	4,83 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,02 ^{ns}
PN	0,54 ^{ns}	0,77 ^{ns}	0,80 ^{ns}	1,44 ^{ns}	0,31 ^{ns}	1,39 ^{ns}	1,44 ^{ns}	1,44 ^{ns}
SC x PN	0,95 ^{ns}	1,19 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,92 ^{ns}	1,06 ^{ns}	1,57 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,91 ^{ns}
Média geral	16,3	18,4	35,2	26,9	573,5	494,5	379,2	365,6

¹ Médias seguidas de letras distintas na coluna, dentro de cada fator, diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05). ^{ns} (não significativo) pelo teste F. ² Quantidade de N aplicada em cobertura na cultura antecessora (feijoeiro) nos estádios fenológicos V₃ (formação do primeiro trifólio), V₄ (presença da terceira folha trifoliada) e R₅ (pré-florescimento), respectivamente.

Quanto à produtividade de grãos, ocorreu redução média de 12%, em ambas as safras, no consórcio com *U. ruziziensis* em relação ao cultivo exclusivo, sendo que este atributo não foi influenciado pelo residual do parcelamento do N em cobertura no feijoeiro precedente (Tabela 4). Comparando-se a produtividade de grãos entre as safras ocorreu inferioridade, em valores absolutos, na safra 2012/13. Isto se deu, possivelmente pela redução na disponibilidade hídrica e da temperatura durante o período de enchimento de grãos (Figura 2), fatores abióticos atrelados à fisiologia vegetal, principalmente na relação fonte-dreno (DUNFORD, 2013). Contudo, as médias de produtividade de grãos observadas nas safras 2011/12 e 2012/13 foram 93 e 64% superiores à média do estado de São Paulo (CONAB, 2015), respectivamente.

A redução da produtividade de grãos do milho em função do consórcio com *U. ruziziensis* também foi observada por Pariz et al. (2011). Outros pesquisadores verificaram que, dependendo da espécie forrageira e da modalidade de consórcio, pode ocorrer redução da produtividade de grãos do milho em relação ao cultivo exclusivo (COSTA et al. 2012; BORGHI et al., 2013; FERREIRA et al. 2014). Por sua vez, Borghi et al. (2013) observaram superior rendimento no milho consorciado com *P. maximum* semeado no momento da adubação nitrogenada em cobertura do milho (12,07 t ha⁻¹), seguido por *U. brizantha* (10,9 t ha⁻¹) em semeadura simultânea, em relação ao cultivo exclusivo do cereal (10,04 t ha⁻¹).

Ferreira et al. (2014) verificaram menor redução na produtividade de grãos do milho quando consorciado com *U. híbrida* em comparação à *U. brizantha*. Quanto à modalidade de consórcio, o menor desempenho produtivo do milho observado pelos autores ocorreu quando se semeou uma linha da forrageira na entrelinha do milho, evidenciando maior competição entre as culturas.

No presente trabalho, a menor produtividade de grãos em ambas as safras, assim como a superior altura de inserção da espiga principal (safra 2012/13) e a redução no diâmetro do colmo (safra 2011/12), ocorridos no milho consorciado com *U. ruziziensis* em relação ao cultivo exclusivo (Tabela 2), podem ser resultantes da competição interespecífica pela forrageira, com reflexos no índice de colheita (Tabela 4).

Tabela 4. Produtividade de grãos, índice de colheita e teor de proteína bruta nos grãos do milho em função do cultivo exclusivo e consorciado com *U. ruziziensis* e do efeito residual do parcelamento do nitrogênio aplicado em cobertura na cultura antecessora (feijoeiro). Jaboticabal-SP, safras 2011/12 e 2012/13 ⁽¹⁾.

Tratamentos	Produtividade de grãos		Índice de colheita		Teor de proteína bruta nos grãos	
	2011/12	2012/13	2011/12	2012/13	2011/12	2012/13
	----- t ha ⁻¹ -----		-----		----- g kg ⁻¹ -----	
Sistemas de cultivo (SC)						
Milho	11,3 a	9,5 a				
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	9,9 b	8,4 b	0,51 b	0,47	88,1	80,4 b
<i>U. ruziziensis</i>	-	-	0,59 a	0,47	80,4	82,9 a
CV (%)	13,2	6,9	7,4	5,3	14,2	3,1
DMS (Tukey - p<0,05)	1,01	0,44	0,03	0,02	8,49	1,81
Parcelamento do N (PN) ²						
00+00+00	10,5	9,1	0,52	0,47	86,8	78,8
00+90+00	10,7	9,0	0,55	0,47	84,8	82,0
30+60+00	9,9	8,8	0,58	0,48	84,2	79,5
60+30+00	10,2	8,9	0,53	0,48	86,4	83,1
30+00+60	10,5	8,9	0,56	0,47	83,1	80,9
60+00+30	10,7	8,8	0,58	0,49	80,4	84,2
00+60+30	10,6	9,4	0,55	0,49	83,1	82,9
45+45+00	11,1	9,4	0,58	0,47	83,1	83,1
00+45+45	10,6	8,4	0,53	0,46	86,6	78,8
45+00+45	11,0	9,1	0,59	0,47	83,7	83,1
CV (%)	8,2	7,9	13,2	8,1	9,0	6,3
DMS (Tukey - p<0,05)	1,44	1,17	0,12	0,06	12,47	8,51
Teste F						
SC	19,09 *	56,88**	83,94 **	0,16 ^{ns}	8,23 ^{ns}	19,50*
PN	1,26 ^{ns}	1,37 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,55 ^{ns}	1,22 ^{ns}
SC x PN	0,43 ^{ns}	1,93 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,30 ^{ns}	1,36 ^{ns}	0,51 ^{ns}
Média geral	10,59	9,0	0,55	0,47	84,2	81,7

¹ Médias seguidas de letras distintas na coluna, dentro de cada fator, diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05). * (p<0,05), ** (p<0,01) e ^{ns} (não significativo), respectivamente pelo teste F. ² Quantidade de N aplicada em cobertura na cultura antecessora (feijoeiro) nos estádios fenológicos V₃ (formação do primeiro trifólio), V₄ (presença da terceira folha trifoliada) e R₅ (pré-florescimento), respectivamente.

A redução no diâmetro do colmo do milho na safra 2011/12, quando em consórcio (Tabela 4), favoreceu menor produção de fitomassa, ou seja, o índice de colheita foi favorecido não pela redução na matéria seca de grãos, mas sim pela redução no diâmetro do colmo. Por outro lado, na safra 2012/13, o acréscimo na altura de inserção da espiga principal devido ao consórcio, favoreceu menor produção de fitomassa total, equilibrando o índice de colheita do milho. Isto se deu devido o colmo da planta de milho ser considerado estrutura destinada ao armazenamento de fotoassimilados sujeitos ao translocamento à espiga, auxiliando nas relações fonte-dreno durante o período de acúmulo de matéria seca nos grãos.

De forma geral, estes resultados são discordantes dos obtidos por Batista et al. (2011), Lara-Cabezas e Pádua (2007), Costa et al. (2012) e Jardim (2013) que indicaram a possibilidade de consórcio sem que ocorra detrimento na produção de grãos de milho. O cultivo do milho consorciado com gramíneas forrageiras em semeadura simultânea pode acarretar no acréscimo da demanda por N no decorrer do desenvolvimento das plantas em função da imobilização microbiana do solo e pela competição entre tais espécies pelo nutriente em questão (CRUSCIOL et al., 2009; 2010; BORCHI et al., 2013). Fiorentin et al. (2012a) observaram que a competição pelos recursos, exercida pela *U. ruziziensis* ao milho, afetou o número de folhas fotossinteticamente ativas, em quase todo o desenvolvimento da cultura, incrementando a velocidade de senescência foliar.

No que se refere ao teor de proteína bruta nos grãos do milho, ocorreu superioridade deste atributo no consórcio com *U. ruziziensis* em comparação ao cultivo exclusivo (safra 2012/13), sem efeitos significativos dos parcelamentos do N em cobertura aplicados no feijoeiro antecedente, em ambas as safras (Tabela 4). Tais diferenças ocorreram, possivelmente, devido ao favorecimento do processo de fixação assimbiótica por *Azospirillum* quando em consórcio com a forrageira, conforme demonstrações de outros pesquisadores (FANCELLI, 2009; HUNGRIA et al., 2010; BRISKIN; BLOOM, 2013). Desta forma, o consórcio com *U. ruziziensis* gerou incrementos no suprimento por N na cultura do milho, resultando em superior teor de N foliar (Tabela 1), com reflexos no teor protéico dos grãos.

4.2. Cobertura vegetal do milho e da *U. ruziziensis* em função do consórcio e do efeito residual do parcelamento do nitrogênio na cultura antecessora

Em relação à cobertura vegetal, ocorreram diferenças entre os sistemas de cultivo para a porcentagem de recobrimento da superfície do solo, sendo total nos sistemas em que a *U. ruziziensis* foi utilizada, nas safras 2011/12 e 2012/13 (Tabela 5), corroborando com os resultados observados por Fiorentin et al. (2011), Carneis Filho et al. (2014) e Mingotte et al. (2014). A quantidade de palhada produzida e respectivos teor e acúmulo de N foram afetados pelos sistemas de cultivo e parcelamento de N, ocorrendo interação SC x PN nas duas safras avaliadas, cujos desdobramentos estão apresentados nas Tabelas 6, 7 e 8, respectivamente.

A quantidade de palhada produzida foi superior no sistema com *U. ruziziensis* exclusiva em todas as situações, exceto pela aplicação de 60+00+30 no consórcio durante a safra 2011/12 e de 60+00+30, 45+45+00, 00+45+45 e 45+00+45 no consórcio e 00+90+00 e 00+60+30 no milho exclusivo da safra subsequente (Tabela 6).

Quanto ao efeito residual dos parcelamentos de N isoladamente para cada sistema de cultivo (Tabela 6), a produção de palhada pelo milho exclusivo foi semelhante em todas as situações exceto 45+45+00 na safra 2011/12, com superioridade do tratamento 00+90+00 (10 t ha^{-1}) na safra 2012/13.

No consórcio estabelecido na safra 2011/12, os parcelamentos que se destacaram foram 60+00+30 ($12,8 \text{ t ha}^{-1}$), 00+60+30 ($12,4 \text{ t ha}^{-1}$) e 45+45+00 ($10,4 \text{ t ha}^{-1}$), sendo semelhantes a $13,7 \text{ t ha}^{-1}$ devido ao consórcio com *U. ruziziensis* e inferiores a $15,4 \text{ t ha}^{-1}$ pelo consórcio com *U. brizantha* obtidas por Souza e Soratto (2012). Na safra seguinte, se destacaram os mesmos parcelamentos, exceto 00+60+30, produzindo 9,6 e $10,6 \text{ t ha}^{-1}$ de palha, respectivamente e, incluindo 00+45+45 ($9,7 \text{ t ha}^{-1}$) e 45+00+45 ($9,2 \text{ t ha}^{-1}$), sendo numericamente superiores aos valores observados por Borghi et al. (2013) aos 60 dias após a colheita do milho consorciado com *U. brizantha* e *P. maximum* semeados simultaneamente e no estágio V₅ do milho.

Tabela 5. Recobrimento da superfície do solo, quantidade de palhada produzida, teor e acúmulo de N na palhada decorrentes dos cultivos de milho exclusivo, consórcio milho + *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva e do efeito residual do parcelamento do nitrogênio aplicado em cobertura na cultura antecessora (feijoeiro). Jaboticabal-SP, safras 2011/12 e 2012/13 ⁽¹⁾.

Tratamentos	Recobrimento da superfície do solo ⁽³⁾		Quantidade de palhada produzida ⁽³⁾		Teor de N total na palhada		Acúmulo de N na palhada	
	2011/12	2012/13	2011/12	2012/13	2011/12	2012/13	2011/12	2012/13
	----- % -----		----- t ha ⁻¹ -----		----- g kg ⁻¹ -----		----- kg ha ⁻¹ -----	
Sistemas de cultivo (SC)								
Milho	65 b	62 b	7,1	7,8	6,4	8,1	46	63
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	100 a	100 a	9,5	8,3	6,5	10,0	61	83
<i>U. ruziziensis</i>	100 a	100 a	15,5	9,7	7,5	10,4	110	101
CV (%)	8,2	8,2	11,5	11,1	10,6	6,8	7,9	14,9
DMS (Tukey - p<0,05)	4,97	4,91	0,83	0,66	0,48	0,44	3,90	8,48
Parcelamento do N (PN) ²								
00+00+00	87	86	11,5	9,0	6,9	9,8	82	89
00+90+00	89	85	10,1	8,8	7,1	8,5	74	74
30+60+00	89	86	11,1	7,4	6,2	9,7	73	73
60+30+00	89	89	8,8	9,1	6,7	9,6	59	88
30+00+60	89	88	11,5	9,0	5,6	9,0	64	84
60+00+30	88	89	12,1	9,1	5,9	9,0	73	83
00+60+30	89	85	12,0	7,4	6,5	9,8	77	72
45+45+00	87	87	11,7	9,1	6,6	10,2	77	93
00+45+45	88	87	10,0	9,2	7,8	9,8	81	91
45+00+45	88	89	8,6	8,3	7,6	9,5	61	80
CV (%)	4,8	5,9	10,5	7,1	11,6	7,5	14,2	9,3
DMS (Tukey - p<0,05)	5,66	6,84	1,49	0,82	1,03	0,95	13,62	10,29
Teste F								
SC	309,0 **	385,50 **	502,64 **	42,09 **	10,9 *	140,96 **	1415,72 **	94,43 **
PN	0,34 ns	1,06 ns	15,98 **	14,73 **	9,8 **	5,98 **	7,31 **	11,36 **
SC x PN	0,34 ns	1,06 ns	9,63 **	17,73 **	6,3 **	6,97 **	10,70 **	19,96 **
Média geral	88	87	10,7	8,6	6,7	9,5	72,1	82,8

¹ Médias seguidas de letras distintas na coluna, dentro de cada fator, diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05). * (p<0,05), ** (p<0,01) e ^{ns} (não significativo), respectivamente pelo teste F. ² Quantidade de N aplicada em cobertura na cultura antecessora (feijoeiro) nos estádios fenológicos V₃ (formação do primeiro trifólio), V₄ (presença da terceira folha trifoliada) e R₅ (pré-florescimento), respectivamente. ³ Mensurado aos 10 dias antes da semeadura do feijoeiro.

Tabela 6. Desdobramento da interação sistema de cultivo x parcelamento do nitrogênio em cobertura na cultura antecessora para a quantidade de palhada produzida decorrente dos cultivos de milho exclusivo, consórcio milho + *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva. Jaboticabal-SP, safras 2011/12 e 2012/13 ⁽¹⁾.

Tratamentos	Quantidade de palhada produzida (t ha ⁻¹) ⁽³⁾						
	Safr 2011/12			Safr 2012/13			
	Milho	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	<i>U. ruziziensis</i>	Milho	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	<i>U. ruziziensis</i>	<i>U. ruziziensis</i>
Parcelamento do N (PN) ²							
00+00+00	6,6 abB	8,0 cdB	19,7 aA	7,7 bcB	8,4 bcdB		10,9 abA
00+90+00	7,4 abcB	8,0 cdB	14,8 bcA	10,0 aA	7,1 defB		9,2 cdeA
30+60+00	6,5 abC	10,1 bcB	16,9 bA	5,9 dB	6,3 fB		10,1 abcA
60+30+00	7,3 abcB	6,7 dB	12,2 dA	8,7 abB	8,0 cdeB		10,6 abcA
30+00+60	8,5 abB	9,7 cB	16,2 bcA	7,6 bcB	7,8 cdeB		11,5 aA
60+00+30	9,5 aB	12,8 aA	14,0 cdA	7,9 bcB	9,6 abA		9,9 bcdA
00+60+30	6,5 abC	12,4 abB	17,0 bA	7,9 bcA	6,7 efB		7,8 eA
45+45+00	7,2 abcC	10,4 abcB	17,4 abA	8,2 bcB	10,6 aA		8,5 deB
00+45+45	6,0 abC	9,1 cdB	14,9 bcA	7,0 cdB	9,7 abA		10,7 abcA
45+00+45	5,8 cC	8,0 cdB	11,9 dA	7,5 bcB	9,2 abcA		8,2 eAB

¹ Médias seguidas de letras distintas, maiúscula na linha e minúscula na coluna, diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05). * (p<0,05), ** (p<0,01) e ^{ns} (não significativo), respectivamente pelo teste F. ² Quantidade de N aplicada em cobertura na cultura antecessora (feijoeiro) nos estádios fenológicos V₃ (formação do primeiro trifólio), V₄ (presença da terceira folha trifoliada) e R₅ (pré-florescimento), respectivamente. ³ Mensurado aos 10 dias antes da semeadura do feijoeiro.

Costa et al. (2014a) não visualizaram efeitos da adubação nitrogenada em cobertura no milho em relação à quantidade de matéria seca produzida pelo consórcio com *U. Brizantha* (4,9 t ha⁻¹) e *U. ruziziensis* (6,0 t ha⁻¹). Pariz et al. (2011) observaram 4,1; 6,4; 4,3 e 5,5 t ha⁻¹ e 4,1; 3,8; 2,7 e 3,7 t ha⁻¹ no consórcio do milho com as forrageiras *U. brizantha*, *U. decumbens*, *U. mulato II* e *U. ruziziensis*, respectivamente semeadas a lanço e na linha de cultivo do cereal. Chioderoli et al. (2010) verificaram semelhante quantidade de palhada produzida pelo consórcio do milho com *U. brizantha* (11,7 t ha⁻¹), *U. decumbens* (12,0 t ha⁻¹) e *U. ruzizienis* (11,5 t ha⁻¹), com diferenças quanto à modalidade de consórcio, sendo superior quando se realizou a semeadura na linha e entrelinha, em relação à semeadura por ocasião da adubação de cobertura.

Na forrageira exclusiva os maiores valores foram observados na ausência da aplicação de N em cobertura no feijoeiro antecessor e no parcelamento 45+45+00, resultando em 19,7 e 17,4 t ha⁻¹, respectivamente (safra 2011/12). Na safra 2012/13 se destacaram 00+00+00, 30+60+00, 60+30+00, 30+00+60 e 00+45+45, promovendo 10,9; 10,1; 10,6; 11,5 e 10,7 t ha⁻¹, respectivamente. Estes resultados assemelham-se aos apresentados por Gomes Junior, Sá e Valério Filho (2008) com *U. brizantha* mesmo com a antecipação do manejo mecânico da forrageira, porém numericamente inferiores aos obtidos por Soratto et al. (2013a) com milho exclusivo (12,3 t ha⁻¹) e consorciado com *U. brizantha* (20,4 t ha⁻¹), respectivamente.

Em relação ao teor total de N na palhada, na maioria dos casos, ocorreram os maiores valores nas situações em que a *U. ruziziensis* esteve presente, exceto para 30+00+60 na safra 2011/12, 60+00+30 na safra 2012/13 e 00+00+00, 30+60+00, 60+30+00, 00+60+30 e 45+45+00 em ambas as safras (Tabela 7). O inferior teor de N na palha do milho em relação a *U. ruziziensis* observado, na maioria das vezes, pode ser explicado como reflexo de sua elevada relação C/N (BORGHI; CRUSCIOL, 2007; ROSOLEM; WERLE; GARCIA, 2010) comparativamente à forrageira (PACHECO et al., 2011), translocação de fotoassimilados para os grãos (DUNFORD, 2013) ocorrendo elevada extração de N (FORNASIERI FILHO, 2007) e resultando em inferior acúmulo do nutriente na palhada, obtendo no máximo 75 kg de N ha⁻¹ em função dos parcelamentos aplicados em ambas as safras avaliadas (Tabela 8).

Tabela 7. Desdobramento da interação sistema de cultivo x parcelamento do nitrogênio em cobertura na cultura antecessora para o teor de N total na palhada decorrente dos cultivos de milho exclusivo, consórcio milho + *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva. Jaboticabal-SP, safras 2011/12 e 2012/13 ⁽¹⁾.

Tratamentos	Teor de N total na palhada (g kg ⁻¹)							
	Safr 2011/12				Safr 2012/13			
	Milho	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	<i>U. ruziziensis</i>	Milho	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	<i>U. ruziziensis</i>	<i>U. ruziziensis</i>	<i>U. ruziziensis</i>
Parcelamento do N (PN) ²								
00+00+00	7,0 bA	6,3 aA	7,5 abcA	9,7 aA	10,0 abcA			9,9 abcA
00+90+00	6,7 bcdB	6,0 aB	8,6 abA	7,5 cdB	8,5 cdAB			9,5 bcA
30+60+00	4,7 eB	6,7 aA	7,3 bcA	8,1 abcB	10,6 abA			10,4 abcA
60+30+00	6,3 bcdeA	7,0 aA	6,9 bcA	7,6 bcdB	10,4 abA			10,9 abA
30+00+60	5,1 cdeA	5,8 aA	5,8 cA	7,6 bcdB	8,3 dB			11,3 aA
60+00+30	4,9 deB	6,0 aAB	6,8 bcA	6,3 dB	10,2 abA			10,3 abcA
00+60+30	6,8 cA	6,7 aA	6,1 cA	9,1 abB	10,4 abA			9,8 abcAB
45+45+00	7,0 bA	5,9 aA	6,8 bcA	8,5 abcB	10,9 aA			11,2 aA
00+45+45	7,7 abB	6,7 aB	9,1 aA	8,9 abcB	9,3 bcdB			11,2 aA
45+00+45	9,3 aA	7,3 aB	6,1 cB	8,0 bcC	11,5 aA			9,2 cB

¹ Médias seguidas de letras distintas, maiúscula na linha e minúscula na coluna, diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05). * (p<0,05), ** (p<0,01) e ^{ns} (não significativo), respectivamente pelo teste F. ² Quantidade de N aplicada em cobertura na cultura antecessora (feijoeiro) nos estádios fenológicos V₃ (formação do primeiro trifólio), V₄ (presença da terceira folha trifoliada) e R₅ (pré-florescimento), respectivamente.

Tabela 8. Desdobramento da interação sistema de cultivo x parcelamento do nitrogênio em cobertura na cultura antecessora para o acúmulo de N na palhada decorrente dos cultivos de milho exclusivo, consórcio milho + *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva. Jaboticabal-SP, safras 2011/12 e 2012/13 ⁽¹⁾.

Tratamentos	Acúmulo de N na palhada (t ha ⁻¹)							
	Safr 2011/12				Safr 2012/13			
	Milho	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	<i>U. ruziziensis</i>	Milho	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	<i>U. ruziziensis</i>	<i>U. ruziziensis</i>	<i>U. ruziziensis</i>
Parcelamento do N (PN) ²								
00+00+00	46 abB	51 cB	148 aA	75 aB	84 cdB			107 bcA
00+90+00	49 abB	47 cB	127 abcA	75 aA	59 fB			88 cdeA
30+60+00	30 bC	67 abcB	122 bcA	48 cC	67 defB			105 bcA
60+30+00	46 abB	46 cB	85 deA	67 abcC	83 cdeB			115 abA
30+00+60	43 abB	57 bcB	92 deA	58 abcB	64 efB			130 aA
60+00+30	46 abC	77 abB	95 deA	50 bcB	98 abcA			102 bcA
00+60+30	45 abC	82 aB	105 cdA	72 aA	69 defA			76 deA
45+45+00	51 abB	61 abcB	119 bcA	69 abC	115 aA			95 cdB
00+45+45	46 abB	61 abcB	135 abA	62 abcC	90 bcB			120 abA
45+00+45	54 aB	57 bcB	73 eA	60 abcC	106 abA			75 eB

¹ Médias seguidas de letras distintas, maiúscula na linha e minúscula na coluna, diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05). * (p<0,05), ** (p<0,01) e ^{ns} (não significativo), respectivamente pelo teste F. ² Quantidade de N aplicada em cobertura na cultura antecessora (feijoeiro) nos estádios fenológicos V₃ (formação do primeiro trifólio), V₄ (presença da terceira folha trifoliada) e R₅ (pré-florescimento), respectivamente.

Os parcelamentos que se destacaram quanto ao teor de N na palhada da *U. ruziziensis* exclusiva foram 00+90+00 e 00+45+45 na safra 2011/12 (Tabela 7), correspondentes ao superior acúmulo do nutriente em questão, juntamente com 00+00+00 (Tabela 8). Na safra seguinte, praticamente todas as modalidades promoveram maiores teores de N na palhada da forrageira exclusiva, exceto 00+90+00 e 45+00+45 (Tabela 7), sendo que 60+30+00, 30+00+60 e 00+45+45 promoveram superiores acúmulos do nutriente neste sistema, atingindo 115, 130 e 120 kg de N ha⁻¹, respectivamente (Tabela 8). Tais resultados assemelham-se aos relatados por Costa et al. (2014b) que observaram acúmulo de 138 kg de N ha⁻¹ pela *U. ruziziensis*, sendo superior aos 106 kg de N ha⁻¹ provenientes da *U. brizantha*, independentemente do manejo adotado, corroborando com Torres et al. (2005), Pacheco et al. (2011) e Pariz et al. (2011).

No consórcio não ocorreram diferenças quanto ao teor de N na palhada em função do N aplicado no feijoeiro antecedente, na safra 2011/12 (Tabela 7), porém, os maiores acúmulos do nutriente foram observados em função dos parcelamentos 60+00+30 (77 kg de N ha⁻¹) e 00+60+30 (82 kg de N ha⁻¹), conforme apresentado na Tabela 8. No entanto, na safra subsequente, todos os parcelamentos; excluindo-se 00+00+00, 00+90+00, 30+00+60 e 00+45+45; se destacaram no milho consorciado com *U. ruziziensis*, sendo que 60+00+30, 45+45+00 e 45+00+45 promoveram os maiores acúmulos, obtendo 98, 115 e 106 kg de N ha⁻¹, respectivamente.

O fato de ter ocorrido interação entre os sistemas de cultivo e parcelamento do N elucidam as observações propostas por Costa et al. (2014a) quando não verificaram diferenças quanto ao acúmulo de N na palhada de *U. brizantha* e *U. ruziziensis* em função do consórcio com o milho, mas sim em função do manejo da adubação nitrogenada no sistema de produção. No referido trabalho, Costa et al. (2014a) indicaram a necessidade e de se rever as recomendações de adubação das culturas em sistemas integrados, visto que, na ausência de adubação, a palhada das braquiárias apresentou acúmulos entre 39,3 e 47,6 kg de N ha⁻¹. Outro relato importante foi o fato de que forrageiras do gênero *Urochloa* apresentaram maior taxa de decomposição em relação a outras plantas de cobertura (TORRES; PEREIRA; FABIAN, 2008).

Estes resultados comprovam as vantagens do uso de gramíneas perenes em sistemas de rotação/sucessão com o feijoeiro, assim como reportado por outros pesquisadores (CRUSCIOL et al., 2007; SABUNDJIAN et al., 2013). No SPD, em comparação ao manejo de solo convencional, pode haver necessidade de maiores quantidades de N, devido a menor velocidade de decomposição e da elevada relação C/N da palhada (CABEZAS et al., 2004). Jardim (2013) verificou que, durante o ciclo do feijoeiro (semeado em agosto de 2008 em sucessão a milho e *U. ruziziensis*, na implantação do SPD) foram liberados aproximadamente 5, 6 e 15 kg de N ha⁻¹ enquanto que na safra seguinte (2009) foram disponibilizados 24, 21 e 11 kg de N ha⁻¹ pela decomposição das palhadas de milho exclusivo, milho consorciado com *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva, produzidas no verão de 2008/09 e 2009/10, respectivamente. O pesquisador verificou que o teor de N na palhada diferiu entre os sistemas de cultivo no segundo ano de experimentação, indicando diferenças entre a quantidade de N liberadas ao feijoeiro subsequente.

O consórcio entre milho e *U. ruziziensis* apresenta como vantagem a formação de palhada na superfície do solo em maior quantidade, podendo beneficiar o cultivo em sucessão, principalmente em função da melhoria das condições químicas, físicas e biológicas do solo. Além disso, cultivo de braquiárias em consórcio com milho incrementa as características qualitativas dos resíduos culturais (LEONEL et al., 2009). Por estes motivos, o cultivo de milho safrinha consorciado com braquiária, em sucessão ao cultivo do feijoeiro, visando à produção de palhada tem se destacado nos últimos anos (KLUTHCOUSKI; AIDAR; COBUCCI, 2007), viabilizando o SPD de qualidade.

4.3. Desempenho agrônomo e viabilidade econômica do feijoeiro em função do parcelamento do nitrogênio em cobertura em sucessão a milho e *U. ruziziensis*

No feijoeiro foram verificadas diferenças entre os sistemas de cultivo quanto à população inicial nas safras 2012 e 2013 (Tabela 9). Em ambas as safras avaliadas, o feijoeiro semeado em sucessão aos sistemas em que a *U. ruziziensis* esteve presente apresentou menor número de plantas por área em relação a sucessão com

milho exclusivo. De acordo com relatos de outros pesquisadores, é comum ocorrer diferenças na população inicial do feijoeiro em função da quantidade de palhada na superfície do solo, dificultando a uniforme distribuição de sementes, principalmente em sucessão a gramíneas forrageiras do gênero *Urochloa* (GOMES JUNIOR; SÁ; VALÉRIO FILHO, 2008; FIORENTIN et al., 2012b; CUNHA, 2013, MINGOTTE et al., 2014). No entanto, no decorrer do ciclo do feijoeiro estas diferenças foram suprimidas, igualando a população final de plantas nos diferentes sistemas de cultivo (Tabela 9), sendo que os valores observados foram adequados, em função do hábito de crescimento indeterminado das respectivas cultivares de arquitetura tipo II (IPR 139) e tipo II/III (Pérola) utilizadas nas diferentes safras.

A massa seca da parte aérea do feijoeiro não foi afetada pelos tratamentos aplicados (Tabela 9). No entanto, os valores observados variaram de 19 a 23,4 g por planta, sendo semelhantes em ambas as safras e aos obtidos por Soratto et al. (2013a) na cultivar Pérola (15 g por planta, em média). Tais variações podem ocorrer em virtude de fatores genéticos e obviamente das condições edafoclimáticas nas quais o feijoeiro foi cultivado (FARINELLI, 2006), assim como do uso e manejo de fertilizantes, em especial dos nitrogenados (FARINELLI et al., 2006, SORATTO; PEREZ; FERNANDES, 2014). Contudo, estes resultados demonstram adequado desenvolvimento fisiológico das plantas durante o estágio de florescimento pleno, ou seja, em R₆.

Quanto ao número de trifólios por planta, verificou-se interação SC x PN nas duas safras (Tabela 9), cujo desdobramento (Tabela 10) apontou superioridade dessa característica no feijoeiro em sucessão a *U. ruziziensis* exclusiva praticamente todos os parcelamentos, exceto 60+30+00 e 00+60+30 na safra 2012. Durante a mesma safra, na sucessão ao consórcio os parcelamentos 30+60+00 e 00+45+45 destacaram-se dos demais, porem diferindo apenas do 45+45+00, com destaque para 60+30+00 e 00+60+30 no feijoeiro após milho exclusivo. Na safra subsequente, se observou novamente as vantagens do cultivo do feijoeiro após *U. ruziziensis* exclusiva com praticamente todos os parcelamentos da adubação nitrogenada, exceto 60+00+30 e 00+60+30, que também se destacaram nos demais sistemas de cultivo, somando-se 45+00+45 no feijoeiro após milho exclusivo (Tabela 10).

Tabela 9. População inicial e final de plantas, massa seca da parte aérea e número de trifólios por planta do feijoeiro em função do sistema de cultivo antecessor e do parcelamento do nitrogênio em cobertura em dois anos agrícolas. Jaboticabal-SP, safras 2012 e 2013⁽¹⁾.

Tratamentos	População inicial		População final		Massa seca da parte aérea		Trifólios por planta	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013
	----- mil plantas ha ⁻¹ -----		----- g por planta -----		----- nº -----			
Sistemas de cultivo (SC)								
Milho	238 a	269 a	207	232	22,0	19,0	15,5	12,7
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	225 b	261 ab	201	237	22,1	19,5	13,4	11,8
<i>U. ruziziensis</i>	220 b	250 b	203	236	22,3	20,0	15,0	15,4
CV (%)	7,7	10,6	10,3	7,7	16,7	10,4	10,9	9,1
DMS (Tukey - p<0,05)	12,110	18,866	14,435	12,409	2,55	1,39	1,09	0,83
Parcelamento do N (PN) ²								
00+00+00	231	261	201	236	22,0	19,1	14,6	12,8
00+90+00	222	259	206	238	21,1	19,7	13,9	14,5
30+60+00	227	255	202	235	22,6	19,7	14,8	13,9
60+30+00	224	265	202	234	23,4	20,0	14,9	14,0
30+00+60	229	255	200	240	22,5	19,8	14,3	13,5
60+00+30	230	268	209	230	21,6	19,4	15,2	13,7
00+60+30	229	263	202	236	23,3	19,4	15,3	13,6
45+45+00	225	261	202	238	21,9	19,7	13,8	11,6
00+45+45	222	256	197	232	21,5	19,5	15,1	12,9
45+00+45	235	257	214	234	21,9	19,2	14,5	12,8
CV (%)	7,1	7,4	7,0	6,5	15,4	7,6	9,7	10,1
DMS (Tukey - p<0,05)	21,613	25,463	18,838	20,252	4,53	1,96	1,88	1,79
Teste F								
SC	10,36**	4,98*	0,88 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,10 ^{ns}	2,49 ^{ns}	18,34**	93,85**
PN	0,88 ^{ns}	0,66 ^{ns}	1,30 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,44 ^{ns}	1,60 ^{ns}	4,51**
SC x PN	1,00 ^{ns}	0,96 ^{ns}	0,65 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,42 ^{ns}	0,23 ^{ns}	2,82**	3,12**
Média geral	227,7	260,3	203,7	235,3	22,1	19,5	14,6	13,3

¹ Médias seguidas de letras distintas na coluna, dentro de cada fator, diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05). * (p<0,05), ** (p<0,01) e ^{ns} (não significativo), respectivamente pelo teste F. ² Quantidade de N aplicada em cobertura no feijoeiro nos estádios fenológicos V₃ (formação do primeiro trifólio), V₄ (presença da terceira folha trifoliada) e R₅ (pré-florescimento), respectivamente.

Tabela 10. Desdobramento da interação sistemas de cultivo x parcelamento do nitrogênio em cobertura para o número de trifólios por planta do feijoeiro. Jaboticabal-SP, safras 2012 e 2013 ⁽¹⁾.

Tratamentos	Número de trifólios por planta						
	Safr 2012			Safr 2013			
	Milho	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	<i>U. ruziziensis</i>	Milho	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	<i>U. ruziziensis</i>	<i>U. ruziziensis</i>
Parcelamento do N (PN) ²							
00+00+00	15,9 abcA	12,5 abB	15,5 aA	12,0 aB	10,1 bcB	16,4 abA	
00+90+00	13,7 cAB	12,4 abB	15,4 aA	12,8 aB	12,6 abB	18,1 aA	
30+60+00	15,4 abcA	15,1 aA	14,1 aA	12,6 aB	12,5 abB	16,6 abA	
60+30+00	17,1 abA	13,1 abB	14,6 aB	13,4 aB	12,1 abB	16,7 abA	
30+00+60	14,9 abcA	13,2 abA	14,9 aA	11,9 aB	13,8 aB	14,9 bcA	
60+00+30	16,3 abcA	14,0 abA	15,2 aA	13,5 aA	13,0 abA	14,7 bcA	
00+60+30	17,8 aA	14,2 abB	13,9 aB	13,3 aA	12,8 abA	14,6 bcA	
45+45+00	13,9 bcA	11,5 bB	16,0 aA	11,6 aB	9,0 cC	14,2 bcA	
00+45+45	14,3 bcA	15,1 aA	15,8 aA	12,3 aB	11,3 abcB	15,1 abcA	
45+00+45	15,7 abcA	13,2 abB	14,6 aAB	14,1 aA	11,3 abcB	13,1 cAB	

¹ Médias seguidas de letras distintas, maiúscula na linha e minúscula na coluna, diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05). ² Quantidade de N aplicada em cobertura no feijoeiro nos estádios fenológicos V₃ (formação do primeiro trifólio), V₄ (presença da terceira folha trifoliada) e R₅ (pré-florescimento), respectivamente.

Mesmo na ausência da adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro em sucessão a *U. ruziziensis* exclusiva ocorreu elevado número de trifólios por planta, novamente indicando os benefícios do fornecimento de N proporcionado pela forrageira, conforme discutido anteriormente. De forma geral, os valores obtidos em alguns tratamentos (Tabela 10), condizem aos relatados pela literatura (DOURADO NETO; FANCELLI, 2000), pois, feijoeiros de hábito de crescimento indeterminado e arquitetura tipo II e tipo II/III, normalmente apresentam, no momento do florescimento pleno, em torno de 16 a 20 trifólios desenvolvidos por planta.

Considerando-se que o crescimento e a expansão do tecido vegetal se relacionam com o teor de N foliar (FAGERIA; BALIGAR, 2005), ocorreram evidências de que o feijoeiro cultivado após *U. ruziziensis* exclusiva ou consorciada foi favorecido pelo suprimento em N, assim como observado por Souza e Soratto (2012) e, corroborando com os indícios de que a marcha de absorção de N na parte aérea do feijoeiro esteve vinculada diretamente à curva de acúmulo de matéria seca, conforme exposto por Soratto et al. (2013b) e Pegoraro et al. (2014).

Os teores de N total foliar não foram alterados pelos tratamentos na safra 2012, sendo superiores no feijoeiro cultivado nos sistemas em que a *U. ruziziensis* esteve presente na safra 2013 e, mesmo na ausência da adubação nitrogenada, os valores obtidos (Tabela 11) se enquadraram dentro da faixa considerada como adequada (30 a 50 g kg⁻¹), conforme Ambrosano et al. (1997) e Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Contudo, valores superiores ao limite inferior (30 g kg⁻¹) foram obtidos na ausência da aplicação do N em cobertura neste e, em outros trabalhos (CRUSCIOL et al., 2007; ARF et al., 2011; SOUZA; SORATTO, 2012; SABUNDJIAN et al., 2013; PEREZ et al., 2013), sugerindo aprofundamento nas pesquisas quanto ao manejo do N em cobertura no feijoeiro cultivado em sucessão a gramíneas no SPD. Tais observações corroboram com Partelli et al. (2014) que, ao avaliarem o estado nutricional de lavouras irrigadas de feijoeiro de alta produtividade (superior a 2.700 kg ha⁻¹), verificaram valores em torno de 41 e 44 g kg⁻¹ para a faixa de suficiência quanto ao N.

Tabela 11. Teor de N total foliar e índice SPAD do feijoeiro em função do sistema de cultivo antecessor e do parcelamento do nitrogênio em cobertura em dois anos agrícolas. Jaboticabal-SP, safras 2012 e 2013 ⁽¹⁾.

Tratamentos	Teor de N total foliar		Índice SPAD	
	2012	2013	2012	2013
	----- g kg -----		-	
Sistemas de cultivo (SC)				
Milho	45	36 b	35,9 b	51,6
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	44	38 a	36,0 b	52,6
<i>U. ruziziensis</i>	47	37 a	40,4 a	52,4
CV (%)	13,4	4,3	11,0	5,9
DMS (Tukey - p<0,05)	4,15	1,10	2,82	1,79
Parcelamento do N (PN) ²				
00+00+00	46	38	36,8	49,8
00+90+00	46	37	37,4	49,6
30+60+00	45	37	38,7	50,7
60+30+00	42	37	35,6	52,9
30+00+60	48	37	37,8	52,9
60+00+30	45	38	36,4	52,7
00+60+30	46	38	39,0	55,7
45+45+00	44	36	38,2	51,6
00+45+45	46	37	38,3	54,7
45+00+45	46	36	35,9	51,5
CV (%)	10,1	9,1	9,2	5,9
DMS (Tukey - p<0,05)	6,10	4,51	4,57	4,13
Teste F				
SC	3,45 ^{ns}	12,42 ^{**}	15,64 ^{**}	1,54 ^{ns}
PN	1,74 ^{ns}	0,75 ^{ns}	1,46 ^{ns}	4,99 ^{**}
SC x PN	1,22 ^{ns}	0,71 ^{ns}	1,17 ^{ns}	4,18 ^{**}
Média geral	45	37	37,4	52,2

¹ Médias seguidas de letras distintas na coluna, dentro de cada fator, diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05). * (p<0,05), ** (p<0,01) e ^{ns} (não significativo), respectivamente pelo teste F. ² Quantidade de N aplicada em cobertura no feijoeiro nos estádios fenológicos V₃ (formação do primeiro trifólio), V₄ (presença da terceira folha trifoliada) e R₅ (pré-florescimento), respectivamente.

Quanto ao índice SPAD, na safra 2012 ocorreu superioridade desta variável no feijoeiro em sucessão à *U. ruziziensis*, independentemente dos parcelamentos de N em cobertura, sendo observada interação SC x PN na safra 2013 (Tabela 11). Neste caso, o desdobramento (Tabela 12) não indicou diferenças quanto aos parcelamentos do N no feijoeiro em sucessão ao milho exclusivo. Em sucessão ao consórcio, o destaque foi para 60+30+00 e 45+00+45, porém, sem diferir dos demais, sendo superiores ao 60+00+30. Após *U. ruziziensis* exclusiva os maiores índices ocorreram com aplicação de 30+00+60, 60+00+30, 00+60+30 e 00+45+45 em cobertura no feijoeiro. A clorofila, responsável pela captação da energia solar,

atua na oxidação da água e, conseqüentemente, na liberação do oxigênio e redução do dióxido de carbono, para a formação de cadeias carbônicas, principalmente açúcares (SHARKEY et al., 2013). O clorofilômetro mostra-se como uma ferramenta prática avaliação do estado nutricional do feijoeiro, pois mensura a intensidade da cor verde, determinando indiretamente o teor de clorofila (BARBOSA FILHO et al., 2009, SALGADO et al., 2012) que se correlaciona positivamente com o teor de N da planta (BARNES et al., 1992).

Tabela 12. Desdobramento da interação sistemas de cultivo x parcelamento do nitrogênio em cobertura para o índice SPAD do feijoeiro. Jaboticabal-SP, safra 2013 ⁽¹⁾.

Tratamentos	Índice SPAD (safra 2013)		
	Milho	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	<i>U. ruziziensis</i>
Parcelamento N (PN) ²			
00+00+00	51,4 aA	50,1 abcA	47,8 cA
00+90+00	48,3 aA	49,7 abcA	50,7 bcA
30+60+00	51,9 aA	52,4 abcA	47,6 cB
60+30+00	53,4 aAB	57,0 aA	48,3 cB
30+00+60	52,6 aA	50,7 abcA	55,4 abA
60+00+30	50,7 aB	49,0 cB	58,6 aA
00+60+30	53,9 aB	54,2 abcAB	59,1 aA
45+45+00	52,4 aA	51,5 abcA	50,8 bcA
00+45+45	54,3 aA	54,6 abcA	55,4 abA
45+00+45	47,3 aB	56,5 abA	50,7 bcB

¹ Médias seguidas de letras distintas, maiúscula na linha e minúscula na coluna, diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05). ² Quantidade de N aplicada em cobertura no feijoeiro nos estádios fenológicos V₃ (formação do primeiro trifólio), V₄ (presença da terceira folha trifoliada) e R₅ (pré-florescimento), respectivamente.

No feijoeiro foram verificadas diferenças entre os sistemas de cultivo quanto ao número de vagens por planta na safra 2012, ocorrendo efeitos significativos do parcelamento do N em cobertura e interação SC x PN neste componente e no número de grãos por vagem na safra 2013, bem como na produtividade de grãos em ambas as safras (Tabela 13), com reflexos na eficiência agrônômica (Figura 19).

Tabela 13. Número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos do feijoeiro em função do sistema de cultivo antecessor e do parcelamento do nitrogênio em cobertura em dois anos agrícolas. Jaboticabal-SP, safras 2012 e 2013 ⁽¹⁾.

Tratamentos	Vagens por planta		Grãos por vagem		Massa de 100 grãos		Produtividade de grãos	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013
	----- nº -----		----- g -----		----- kg ha ⁻¹ -----			
Sistemas de cultivo (SC)								
Milho	13,7 a	13,9	5,0	4,5	27,2	28,4	3.502	3.157
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	12,1 b	14,1	4,7	4,4	27,6	28,2	3.209	3.167
<i>U. ruziziensis</i>	13,7 a	14,1	5,0	4,4	27,2	28,2	3.446	3.029
CV (%)	12,8	4,8	17,9	7,7	5,8	1,9	13,8	8,8
DMS (Tukey - p<0,05)	1,16	0,46	0,60	0,23	1,08	0,37	321,04	188,55
Parcelamento do N (PN) ²								
00+00+00	12,8	13,2	4,9	4,4	27,6	28,5	3.146	2.929
00+90+00	13,3	13,8	4,6	4,8	27,5	28,2	3.261	2.939
30+60+00	13,3	13,7	4,9	4,8	27,4	28,3	3.547	3.305
60+30+00	12,8	14,0	5,1	4,4	27,0	28,1	3.254	3.031
30+00+60	13,4	14,4	5,0	4,4	27,3	28,6	3.327	3.298
60+00+30	12,9	14,1	5,1	4,4	27,3	28,5	3.511	3.133
00+60+30	14,1	15,2	4,6	4,2	26,9	28,0	3.409	3.110
45+45+00	12,9	13,8	5,0	4,5	27,2	28,1	3.645	3.057
00+45+45	12,6	14,6	4,9	4,4	27,4	28,3	3.361	3.202
45+00+45	13,4	13,7	4,9	4,3	27,6	28,4	3.392	3.172
CV (%)	12,9	4,6	12,6	7,6	4,5	1,8	6,4	4,1
DMS (Tukey - p<0,05)	2,27	0,86	0,82	0,45	1,66	0,7	291,04	171,13
Teste F								
SC	11,15**	0,86 ^{ns}	1,08 ^{ns}	0,93 ^{ns}	0,83 ^{ns}	1,57 ^{ns}	4,41 ^{ns}	3,13 ^{ns}
PN	0,76 ^{ns}	9,21**	1,04 ^{ns}	3,87**	0,35 ^{ns}	2,23 ^{ns}	5,67**	12,59**
SC x PN	1,67 ^{ns}	16,07**	1,67 ^{ns}	4,16**	1,06 ^{ns}	0,80 ^{ns}	1,97*	5,42**
Média geral	13,2	14,0	4,9	4,4	27,3	28,3	3.386	3.118

¹ Médias seguidas de letras distintas na coluna, dentro de cada fator, diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05). * (p<0,05), ** (p<0,01) e ^{ns} (não significativo), respectivamente pelo teste F. ² Quantidade de N aplicada em cobertura no feijoeiro nos estádios fenológicos V₃ (formação do primeiro trifólio), V₄ (presença da terceira folha trifoliada) e R₅ (pré-florescimento), respectivamente.

Na safra 2012, o número de vagens por planta foi superior no feijoeiro cultivado após milho e *U. uziziensis* exclusivos, sem efeitos dos tratamentos quanto ao número de grãos por vagem (Tabela 13). Em relação ao número de vagens por planta na safra 2013, na sucessão com milho exclusivo, a aplicação de dose única em V_4 (00+90+00) e os parcelamentos 60+00+30, 30+00+60 e 00+60+30 promoveram incrementos neste componente; com os dois últimos mais 30+60+00 e 45+45+00 destacando-se dos demais na sucessão com o consórcio e; 60+30+00 e 00+45+45 promovendo superior número de vagens por planta, sem diferir de 00+60+30 e 45+00+45 no feijoeiro em sucessão a *U. ruziziensis* exclusiva (Tabela 14). Resultados semelhantes foram observados por Soratto et al. (2013a), principalmente na sucessão com milho exclusivo e por Soratto, Perez e Fernandes (2014). No entanto, Sabundjian et al. (2013) não verificaram efeitos da adubação nitrogenada em cobertura nestes componentes do feijoeiro em sucessão a milho e *U. ruziziensis*, exclusivos ou em consórcio.

Em relação ao número de grãos por vagem, na safra 2013, não ocorreram diferenças entre os parcelamentos do N aplicados no feijoeiro cultivado em sucessão ao milho exclusivo. Porém, a aplicação da dose única em V_4 e o parcelamento 45+00+45 aumentaram este componente de produção do feijoeiro em sucessão ao milho + *U. ruziziensis*, ao passo em que 30+60+00 e 30+00+60 o elevaram após *U. ruziziensis* exclusiva (Tabela 14). Incrementos no número de grãos por vagem em função da aplicação de N em cobertura no feijoeiro em SPD foi verificado também por Soratto et al. (2005), Farinelli et al. (2006), Pacheco et al. (2012), Sabundjian et al. (2013) e Soratto, Perez e Fernandes (2014).

Os superiores número de vagens por planta e de grãos por vagem em resposta aos parcelamentos do N em cobertura no feijoeiro nos diferentes sistemas de cultivo ocorridos em 2013 (Tabelas 13 e 14) podem ser explicados em função do adequado suprimento por N durante o início do período reprodutivo (Tabela 11) e do respectivo número de trifólios por planta (Tabela 10), uma vez que o N desempenha a função de estimular o crescimento da planta, resultando em maior número de ramificações e, por consequência, maior o número de estruturas reprodutivas.

Tabela 14. Desdobramento da interação sistemas de cultivo x parcelamento do nitrogênio em cobertura para o número de vagens por planta e de grãos por vagem do feijoeiro. Jaboticabal-SP, safra 2013 ⁽¹⁾.

Tratamentos	Vagens por planta (nº)			Grãos por vagem (nº)		
	Milho	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	<i>U. ruziziensis</i>	Milho	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	<i>U. ruziziensis</i>
Parcelamento do N (PN) ²						
00+00+00	12,9 bA	13,4 cdA	13,2 cdA	4,6 aA	4,3 bA	4,4 bA
00+90+00	14,9 aA	12,3 dB	14,0 bcA	4,6 aB	5,4 aA	4,3 bB
30+60+00	13,0 bB	15,4 aA	12,7 cdB	4,7 aB	4,2 bC	5,4 aA
60+30+00	12,8 bB	13,5 bcdB	15,6 aA	4,8 aA	4,3 bA	4,2 bA
30+00+60	15,5 aA	15,4 aA	12,2 dB	4,1 aB	4,3 bAB	4,7 abA
60+00+30	15,5 aA	12,9 dB	13,9 bcB	4,5 aA	4,3 bA	4,3 bA
00+60+30	15,5 aA	15,2 aA	15,0 abA	4,3 aA	4,1 bA	4,2 bA
45+45+00	13,1 bB	14,9 abA	13,3 cdB	4,7 aA	4,3 bA	4,5 bA
00+45+45	13,3 bC	14,6 abcB	15,8 aA	4,6 aA	4,4 bA	4,2 bA
45+00+45	12,7 bB	13,3 cdB	15,1 abA	4,3 aAB	4,7 abA	4,0 bB

¹ Médias seguidas de letras distintas, maiúscula na linha e minúscula na coluna, diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05). ² Quantidade de N aplicada em cobertura no feijoeiro nos estádios fenológicos V₃ (formação do primeiro trifólio), V₄ (presença da terceira folha trifoliada) e R₅ (pré-florescimento), respectivamente.

A massa de 100 grãos do feijoeiro não foi alterada em função dos sistemas de cultivo e dos parcelamentos do N em cobertura (Tabela 13), confirmando pouca influência do ambiente de cultivo nesta característica, conforme observações de Crusciol et al. (2007) e Soratto et al. (2013a). De forma geral, os resultados obtidos contradizem as observações de Binotti et al. (2014), uma vez que tais autores não verificaram efeitos de diferentes fontes e épocas de aplicação de N em cobertura no feijoeiro quanto ao número de vagens por planta e grãos por vagem, mas sim para a massa de 100 grãos.

A aplicação parcelada do N em cobertura interferiu na produtividade de grãos do feijoeiro em sucessão ao milho exclusivo, com 45+45+00 se destacando em relação à ausência e à aplicação do N em dose única em V₄ (00+90+00) na safra 2012. Em 2013 destacaram-se 30+60+00, 30+00+60, 00+60+30 e 00+45+45, sem diferir de 60+00+30 e 45+00+45 (Tabela 15). Do ponto de vista econômico, os parcelamentos de N em cobertura 60+00+30, 00+60+30 e 45+45+00 apresentaram-se viáveis no feijoeiro (safra 2012) em sucessão ao milho cultivado exclusivamente, alcançando ganho relativo entre 16 a 21%. Na safra seguinte, a viabilidade econômica se deu em função dos parcelamentos 30+60+00, 30+00, 60, 00+60+30 e 00+45+45, promovendo 13,8; 14,6; 13,1 e 15,5% de ganho relativo, respectivamente (Tabela 16).

Após o consórcio, na safra 2012, a adubação nitrogenada em cobertura não surtiu efeitos na produtividade de grãos do feijoeiro, corroborando com os resultados de Soratto et al. (2013a). Embora grandes quantidades de N estejam contidas na parte aérea das culturas denominadas cobertura do solo, a quantidade real aproveitada pela cultura em sucessão dependerá do sincronismo entre a decomposição da palhada e a demanda da cultura sucessora. Mesmo o feijoeiro apresentando ciclo curto, é provável que a decomposição da palhada, assim como das raízes do cultivo antecedente e do carbono orgânico presente no solo e a aplicação deste nutriente nos cultivos antecessores tenham suprido a necessidade do feijoeiro quanto ao N, principalmente nos sistemas contendo *U. ruziziensis*, devido a seu superior teor e respectivo acúmulo de N na palhada, conforme discutido anteriormente (Tabelas 7 e 8).

Tabela 15. Desdobramento da interação sistemas de cultivo x parcelamento do nitrogênio em cobertura para a produtividade de grãos do feijoeiro. Jaboticabal-SP, safras 2012 e 2013 ⁽¹⁾.

Tratamentos	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)					
	Safr 2012			Safr 2013		
	Milho	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	<i>U. ruziziensis</i>	Milho	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	<i>U. ruziziensis</i>
Parcelamento do N (PN) ²						
00+00+00	3.229 bA	3.022 aA	3.187 bA	2.936 bA	2.960 cA	2.889 bA
00+90+00	3.308 bA	3.101 aA	3.375 abA	2.954 bA	2.966 cA	2.898 bA
30+60+00	3.558 abAB	3.238 aB	3.847 aA	3.342 aAB	3.425 abA	3.149 abB
60+30+00	3.293 bA	3.160 aA	3.309 abA	2.947 bB	3.255 abcA	2.891 bB
30+00+60	3.411 abA	3.086 aA	3.484 abA	3.365 aA	3.453 aA	3.075 abB
60+00+30	3.750 abA	3.345 aA	3.440 abA	3.213 abA	3.183 abcA	3.002 bA
00+60+30	3.745 abA	3.147 aB	3.336 abAB	3.320 aA	3.097 bcAB	2.915 bB
45+45+00	3.912 aA	3.365 aB	3.658 abAB	2.938 bA	3.081 bcA	3.152 abA
00+45+45	3.458 abA	3.105 aA	3.521 abA	3.391 aA	3.273 abcA	2.942 bB
45+00+45	3.354 abA	3.523 aA	3.299 abA	3.167 abAB	2.972 cB	3.377 aA

¹ Médias seguidas de letras distintas, maiúscula na linha e minúscula na coluna, diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05). ² Quantidade de N aplicada em cobertura no feijoeiro nos estádios fenológicos V₃ (formação do primeiro trifólio), V₄ (presença da terceira folha trifoliada) e R₅ (pré-florescimento), respectivamente.

Tabela 16. Viabilidade econômica da adubação nitrogenada em cobertura por meio do ganho relativo (%) e da dose economicamente viável no feijoeiro em função do sistema de cultivo antecessor e do parcelamento do nitrogênio em cobertura. Jaboticabal-SP, safras 2012 e 2013.

Tratamentos	Ganho relativo pela aplicação de N em cobertura (%)					
	Safra 2012			Safra 2013		
	Milho	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	<i>U. ruziziensis</i>	Milho	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	<i>U. ruziziensis</i>
Parcelamento do N (PN) ¹						
00+00+00	-	-	-	-	-	-
00+90+00	2,4	2,6	5,9	0,6	0,2	0,3
30+60+00	10,2	7,1	20,7	13,8	15,7	9,0
60+30+00	2,0	4,6	3,8	0,4	10,0	0,1
30+00+60	5,6	2,1	9,3	14,6	16,7	6,4
60+00+30	16,1	10,7	7,9	9,4	7,5	3,9
00+60+30	16,0	4,1	4,7	13,1	4,6	0,9
45+45+00	21,2	11,4	14,8	0,1	4,1	9,1
00+45+45	7,1	2,7	10,5	15,5	10,6	1,8
45+00+45	3,9	16,6	3,5	7,9	0,4	16,9
Dose economicamente viável (kg ha ⁻¹) *						
Tratamentos	Safra 2012			Safra 2013		
	Milho	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	<i>U. ruziziensis</i>	Milho	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	<i>U. ruziziensis</i>
Parcelamento do N (PN) ¹						
00+00+00	-	-	-	-	-	-
00+90+00	-38	-39	39	-169	-266	-230
30+60+00	89	51	151	107	119	68
60+30+00	-55	12	1	-212	79	-363
30+00+60	36	-56	80	112	125	38
60+00+30	130	87	66	74	54	-6
00+60+30	129	3	19	103	11	-136
45+45+00	154	92	121	-363	0	69
00+45+45	57	-33	90	118	84	-73
45+00+45	3	126	7	57	-205	124

¹ Quantidade de N aplicada em cobertura no feijoeiro nos estádios fenológicos V₃ (formação do primeiro trifólio), V₄ (presença da terceira folha trifoliada) e R₅ (pré-florescimento), respectivamente. * Considera-se economicamente viável os tratamentos em que os respectivos valores obtidos são iguais ou superiores a quantidade de N aplicada, ou seja, 90 kg ha⁻¹.

No segundo ano de cultivo, o parcelamento 30+00+60 gerou 16,7 e 16,4% de incrementos em relação à ausência e à aplicação do N em dose única em V₄, respectivamente, não diferindo estatisticamente de 30+60+00, 60+30+00, 60+00+30 e 00+45+45 (Tabela 15). Em sucessão ao consórcio milho + *U. ruziziensis* foi

observada a viabilidade econômica nos tratamentos 45+45+00 e 45+00+45, na safra 2012, promovendo ganhos relativos na ordem de 11,3 e 16,6%, respectivamente. Foram observados ganhos de 15,7 e 16,7% em função dos parcelamentos 30+60+00 e 30+00+60, respectivamente, sendo considerados como viáveis economicamente na safra 2013 (Tabela 16). Ao estudar os efeitos do parcelamento do N em cobertura no feijoeiro em sucessão a milho e *U. ruziziensis* em cultivos exclusivos e em consórcio nas duas safras iniciais após a implantação do SPD, Jardim (2013) verificou diferenças quanto ao sistema de cultivo na produtividade de grãos apenas na segunda safra (2009), com destaque na sucessão com milho exclusivo e consorciado. No entanto, em ambas as safras avaliadas pelo pesquisador, ocorreram superiores produtividades de grãos devido à aplicação dos parcelamentos 30+60+00, 60+30+00, 00+60+30, 45+45+00, 00+45+45 e 45+00+45, resultando em ganhos relativos entre 14,5 a 21,3%.

Em 2012 ocorreu superior produtividade de grãos do feijoeiro *U. ruziziensis* exclusiva pelo parcelamento 30+60+00, assemelhando-se aos demais, com 20,7% de acréscimo em relação à ausência da aplicação do nutriente em cobertura (00+00+00) e, em 2013 o destaque ocorreu para 45+00+45, juntamente com 30+60+00, 30+00+60 e 45+45+00 acrescentando 16,9 e 16,5% nos valores obtidos pelo tratamentos 00+00+00 e 00+90+00, respectivamente (Tabela 15). Após *U. ruziziensis* exclusiva os parcelamentos 30+60+00, 45+45+00 e 00+45+45 foram os mais viáveis na safra 2012, resultando em 20,7, 14,8 e 10,5% de incrementos, respectivamente. Na safra 2013, o parcelamento 45+00+45 foi viável, resultando num ganho relativo de 16,9% (Tabela 16).

A aplicação de N em cobertura no feijoeiro em dose única no estágio V₄ (00+90+00) foi inviável economicamente nos três sistemas de cultivo avaliados nos dois anos de experimentação (Tabela 16), resultando em reduzida eficiência agrônômica (Figura 19). Outros pesquisadores observaram incrementos na produtividade de grãos em função da aplicação de N em cobertura no feijoeiro cultivado em sucessão à gramíneas no SPD (SORATTO, 2011; SORATTO et al., 2011; 2013a; FIORENTIN et al., 2012; CARMEIS FILHO et al., 2014; SORATTO; PEREZ; FENANDES, 2014).

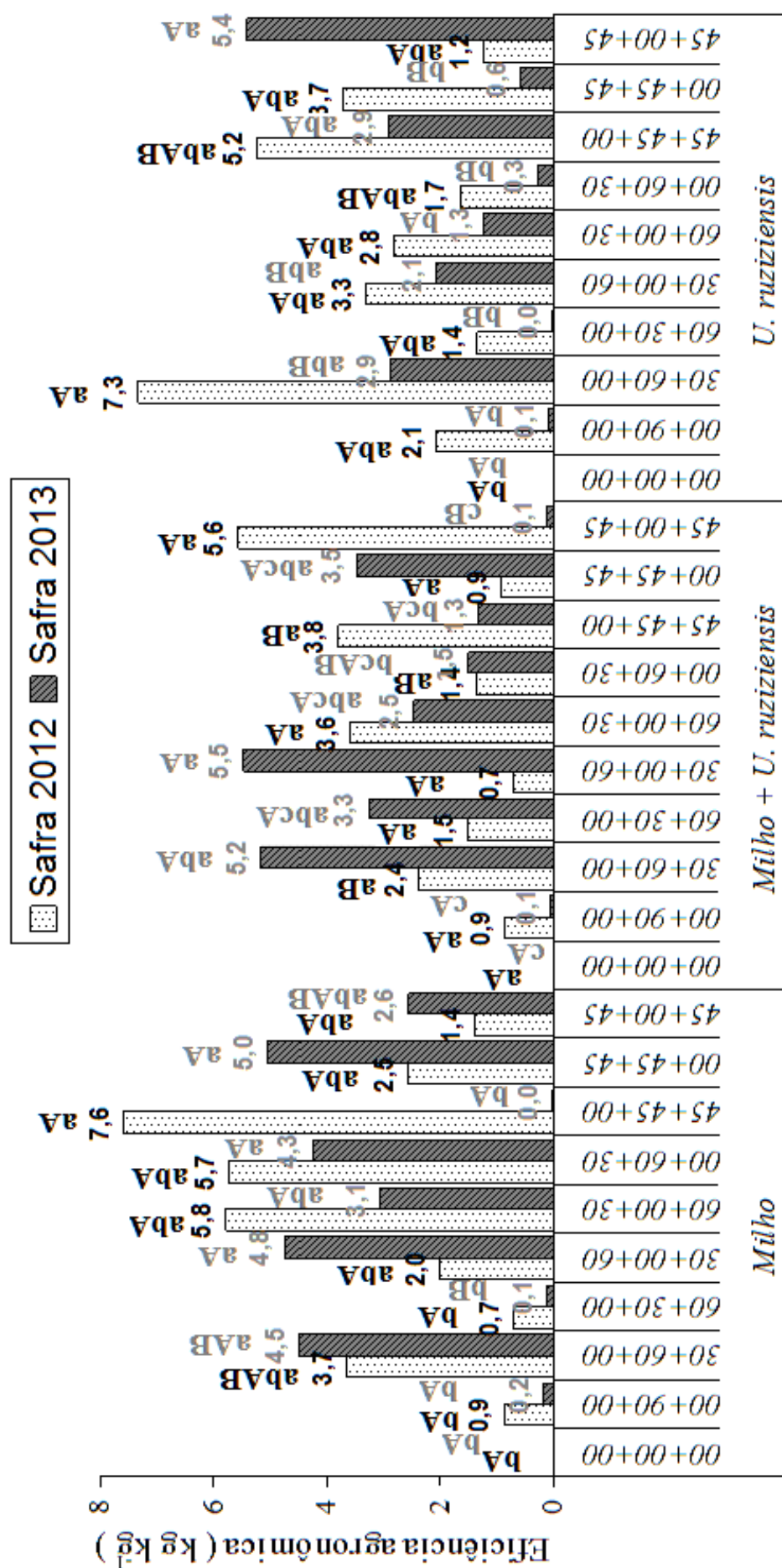


Figura 19. Eficiência agrônômica no uso de nitrogênio pelo feijoeiro em função do sistema de cultivo antecessor e do parcelamento do nutriente em cobertura, em dois anos agrícolas. Jaboticabal-SP, safras 2012 e 2013 ^(1,2). ¹ Letras minúsculas comparam médias entre os parcelamentos do N em cobertura e, letras maiúsculas comparam médias entre sistemas de cultivo, pelo teste Tukey ($p < 0,05$). ² Quantidade de N aplicada em cobertura no feijoeiro nos estádios fenológicos V₃ (formação do primeiro trifólio), V₄ (presença da terceira folha trifoliada) e R₅ (pré-florescimento), respectivamente.

Na safra 2012, 45+45+00 no feijoeiro após o milho exclusivo e 30+60+00 após *U. ruziziensis* exclusiva promoveram 7,6 e 7,3 kg de grãos por kg de N aplicado, respectivamente. Em 2013, os parcelamentos mais eficientes promoveram em torno de 5,0 kg de grãos por kg de N aplicado (Figura 19). As menores eficiências agrônômicas foram observadas no feijoeiro após o consórcio e *U. ruziziensis* exclusiva. No geral, o feijoeiro cultivado no período de inverno-primavera com uso de irrigação em sucessão a milho e *U. ruziziensis* no SPD apresentou produtividades em torno de 3.000 kg ha⁻¹, mesmo na ausência da aplicação do nitrogênio em cobertura, sendo 35% superior à produtividade média do Estado de São Paulo (CONAB, 2015). Tais resultados evidenciam a possibilidade de ocorrência de produtividade economicamente viável com menor necessidade de aplicação de N mineral no feijoeiro em sucessão à gramíneas forrageiras, em cultivos exclusivos ou em consórcio, principalmente devido à melhoria do ambiente solo pela cobertura de sua superfície proporcionado pela forrageira, ocorrendo liberação de N pela decomposição e mineralização da palhada em função de sua relação C/N (BORGHI; CRUSCIOL, 2007; ROSOLEM; WERLE; GARCIA, 2010, PACHECO et al., 2011).

4.4. Atributos tecnológicos dos grãos do feijoeiro em função do sistema de cultivo e do parcelamento do nitrogênio em cobertura

Quanto aos atributos tecnológicos dos grãos, o rendimento de peneira foi influenciado pelos sistemas de cultivo e parcelamentos do N em cobertura nos quais o feijoeiro foi submetido, não ocorrendo interações entre os fatores de estudo (Tabela 17).

A sucessão com o milho exclusivo elevou o percentual de grãos retidos na peneira 15 na safra 2012 e, nas peneiras 11 e 12 respectivamente na safra 2013. Porém, os sistemas de cultivo contendo *U. ruziziensis*, em cultivo exclusivo e em consórcio com o milho, proporcionaram maiores rendimentos na peneira 12 e 13, com maior destaque após *U. ruziziensis* exclusiva para a quantidade de grãos retidos no conjunto de peneiras maior ou igual a 12 (RP≥12), na safra 2012.

Tabela 17. Rendimento de peneira (RP) determinada pela porcentagem de grãos do feijoeiro retidos em peneiras de furo oblongo em função do sistema de cultivo antecessor e do parcelamento do nitrogênio em cobertura, em dois anos agrícolas. Jaboticabal-SP, safras 2012 e 2013 ⁽¹⁾.

Tratamentos	Rendimento de peneira ³ (safra 2012)						Rendimento de peneira ³ (safra 2013)					
	RP11	RP12	RP13	RP14	RP15	RP≥12	RP11	RP12	RP13	RP14	RP15	RP≥12
----- % de grãos retidos -----												
Sistema de cultivo (SC)												
Milho	5,4	11,5b	29,4b	29,8	17,6a	88,3b	13,5a	22,5a	39,0	13,7b	1,8b	76,9b
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	5,5	12,8ab	32,5ab	29,7	13,1b	88,2b	10,5b	18,1b	40,1	22,3a	3,7a	84,2a
<i>U. ruziziensis</i>	5,8	13,8a	34,4a	30,2	12,4b	90,8a	9,0b	16,5b	38,9	25,9a	4,9a	86,1a
CV (%)	18,8	16,0	14,8	13,8	29,1	4,8	24,2	18,3	13,7	26,4	58,6	4,1
DMS (Tukey - p<0,05)	0,72	1,39	3,26	2,83	2,87	1,93	1,82	2,39	3,70	3,73	1,39	2,34
Parcelamento do N (PN) ²												
00+00+00	4,9b	11,5	30,5	30,6ab	16,5	89,2ab	11,0	19,1	38,3	21,1	4,1	82,7
00+90+00	6,3ab	13,3	31,5	28,9ab	13,5	87,2ab	10,5	19,1	39,0	20,9	3,5	82,6
30+60+00	7,0a	14,7	33,1	25,9b	12,9	86,5b	12,3	21,4	40,7	16,5	1,9	80,6
60+30+00	5,5ab	12,8	33,3	30,8ab	13,9	90,7a	10,3	18,5	39,9	21,9	3,7	83,9
30+00+60	5,1ab	12,3	32,5	30,5ab	14,7	90,1ab	11,5	19,3	36,5	21,5	4,1	81,4
60+00+30	5,6ab	12,4	31,3	29,9ab	15,2	88,8ab	11,2	18,7	38,2	21,6	3,6	82,1
00+60+30	5,8ab	13,1	32,6	29,5ab	13,9	89,1ab	10,1	18,0	39,6	22,2	4,0	83,8
45+45+00	5,4ab	13,2	33,0	29,5ab	14,1	89,8ab	11,8	18,7	37,8	21,7	3,1	81,4
00+45+45	5,3ab	12,3	32,6	31,2ab	13,4	89,5ab	10,2	18,0	43,4	19,3	2,7	83,5
45+00+45	4,9b	11,3	30,6	32,3a	15,7	89,9ab	11,0	19,3	39,7	19,6	3,6	82,3
CV (%)	26,4	21,7	11,1	13,5	32,4	3,5	21,9	16,1	13,8	27,4	54,0	4,8
DMS (Tukey - p<0,05)	1,97	3,64	4,74	5,38	6,18	4,18	3,07	4,06	7,18	7,50	2,47	5,21
Teste F												
SC	1,80 ^{ns}	12,91 ^{**}	11,57 ^{**}	0,16 ^{ns}	18,36 ^{**}	4,71 [*]	29,99 ^{**}	31,55 ^{**}	0,61 ^{ns}	52,51 ^{**}	24,58 ^{**}	80,66 ^{**}
PN	2,40 [*]	1,50 ^{ns}	1,00 ^{ns}	2,14 ^{ns}	0,72 ^{ns}	2,03 [*]	1,08 ^{ns}	1,23 ^{ns}	1,45 ^{ns}	1,12 ^{ns}	1,64 ^{ns}	0,95 ^{ns}
SC x PN	1,25 ^{ns}	1,12 ^{ns}	1,64 ^{ns}	1,33 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,39 ^{ns}	1,07 ^{ns}	1,08 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,68 ^{ns}	1,17 ^{ns}	0,89 ^{ns}
Média geral	5,6	12,7	32,1	29,9	14,4	89,1	11,0	19,0	39,3	20,6	3,4	82,4

¹ Médias seguidas de letras distintas na coluna, dentro de cada fator, diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05). * (p<0,05), ** (p<0,01) e ^{ns} (não significativo), respectivamente pelo teste F. ² Quantidade de N aplicada em cobertura no feijoeiro nos estádios fenológicos V₃ (formação do primeiro trifólio), V₄ (presença da terceira folha trifoliada) e R₅ (pré-florescimento), respectivamente. ³ RP = rendimento de peneira, obtido com auxílio do conjunto de peneiras de crivos oblongos 11/64" x 3/4 (4,37 x 19,05 mm), 12/64" x 3/4 (4,76 x 19,05 mm), 13/64" x 3/4 (5,16 x 19,05 mm), 14/64" x 3/4 (5,56 x 19,05 mm) e 15/64" x 3/4 (5,96 x 19,05 mm).

Em 2013, o feijoeiro cultivado após o consórcio, bem como após *U. ruziziensis* exclusiva apresentou maiores rendimentos nas peneiras 14 e 15, refletindo em superior $RP \geq 12$ (Tabela 17). Em relação aos efeitos dos parcelamentos do N em cobertura neste atributo tecnológico dos grãos do feijoeiro, 60+30+00 proporcionou praticamente 90,7% de retenção no conjunto $RP \geq 12$, não diferindo dos demais, exceto 30+60+00 que gerou acréscimos na porcentagem de grãos retidos na peneira 11 na safra 2012, causando efeitos negativos no rendimento de peneiras 14 e $RP \geq 12$, respectivamente. No entanto, aplicação de N em cobertura não surtiu efeitos no rendimento de peneiras nos três sistemas de cultivo nos quais o feijoeiro foi submetido, na safra 2013, semelhantemente às observações de Soratto et al. (2006), Fiorentin et al. (2012b) e Carmeis Filho et al. (2014).

De forma geral, a elevação na porcentagem de grãos retidos nas peneiras inferiores a 12 causou redução no somatório das demais, ou seja, $RP \geq 12$ (Tabela 17), possivelmente devido ao equilíbrio fisiológico no tamanho de grãos. Durante o período de enchimento de grãos, o suprimento hídrico e o metabolismo fotossintético devem ocorrer adequadamente evitando distúrbios fisiológicos nas relações fonte-dreno (DUNFORD, 2013; SHARKEY et al., 2013). Os resultados obtidos comprovam efeitos benéficos no rendimento de peneiras quando o feijoeiro foi cultivado nos dois sistemas contendo *U. ruziziensis*, ou seja, exclusivamente ou em consórcio com o milho.

O rendimento de peneira é uma alternativa na busca de melhores preços na comercialização do feijão. A peneira 12 é considerada como referência de tamanho de grãos pelas empacotadoras de feijão, as quais oferecem uma gratificação financeira (ágio) para fornecedores de lotes com rendimento acima de 70%, caracterizando-se como grãos graúdos (CARBONELL et al., 2010; FIORENTIN et al., 2012b; CARMEIS FILHO et al., 2014).

Mingotte (2011) demonstrou que a presença de impurezas nos grãos de feijão cultivado após *U. ruziziensis* exclusiva e em consórcio com o milho foram respectivamente 20,6% e 26,6% inferiores quando comparado ao cultivo após milho exclusivo. Tais informações comprovam a melhoria da qualidade pós-colheita, conforme indicado por Souza et al. (2010) e Silva et al. (2013), referindo-se à

redução de impurezas e agregados de solo em grãos de feijão cultivado em sistemas com maior recobrimento do solo e devido à superior presença de palha em sua superfície.

O teor de proteína bruta nos grãos do feijoeiro foi afetado pelos sistemas de cultivo e parcelamentos do N em cobertura, ocorrendo interação SC x PN, na safra 2012 (Tabela 18). Os teores variaram de 189 a 237 g kg⁻¹, com destaque para os parcelamentos 00+60+30 após milho exclusivo, 30+60+00 e 45+00+45 no consórcio e 60+00+30, 45+45+00 e 00+45+45 após *U. ruziziensis* exclusiva, bem como aplicação em dose única em V₄ (00+90+00) após *U. ruziziensis* exclusiva e em consórcio. Na safra 2013 os teores de proteína bruta nos grãos do feijoeiro oscilaram de 192 a 204 g kg⁻¹, sem diferenças quanto aos parcelamentos do N em cobertura, mas com superioridade observada no cultivo após *U. ruziziensis* exclusiva (Tabela 19). De forma geral, os resultados obtidos reforçaram a hipótese de que o N em cobertura incrementa o teor protéico dos grãos do feijoeiro (GOMES JUNIOR; SÁ, 2010), principalmente em aplicações tardias (GOMES JUNIOR et al., 2005a; SORATTO et al., 2011).

Quanto ao tempo para cozimento dos grãos, este foi alterado nos sistemas de cultivo antecessores ao feijoeiro na safra 2012, ocorrendo menores valores nos grãos colhidos após milho exclusivo, em relação aos demais, sendo enquadrados como cozimento normal (Tabela 18). Na safra seguinte, ocorreram efeitos significativos dos sistemas de cultivo, parcelamento do N em cobertura, assim como da interação entre estes fatores para esta variável em questão (Tabela 18), cujo desdobramento encontra-se na Tabela 20.

Na sucessão com milho e *U. ruziziensis* em cultivos exclusivos a aplicação de N em cobertura não ocasionou diferenças quanto ao tempo de cozimento. Na sucessão ao consórcio, o tempo variou de 20 a 25 minutos, com destaque para o parcelamento 60+00+30, sem diferir dos demais, reduzindo o tempo de cozimento dos grãos do feijoeiro em comparação à ausência da aplicação do N em cobertura (Tabela 20), divergindo das observações de Silva, Lemos e Tavares, 2006. Outros trabalhos reportaram redução no tempo para cozimento dos grãos do feijoeiro em função da adubação nitrogenada em cobertura quando cultivado após gramíneas no SPD (FIORENTIN et al., 2011; CARMEIS FILHO et al., 2014).

Tabela 18. Teor de proteína bruta, tempo para cozimento e relação de hidratação de grãos do feijoeiro em função do sistema de cultivo antecessor e do parcelamento do nitrogênio em cobertura, em dois anos agrícolas. Jaboticabal-SP, safras 2012 e 2013 ⁽¹⁾.

Tratamentos	Teor de proteína bruta		Tempo para cozimento		Relação de hidratação	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013
	----- g kg ⁻¹ -----		----- minutos -----		-	
Sistemas de cultivo (SC)						
Milho	208	200 b	23 a	21	1,99	1,99
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	216	195 c	25 b	23	1,99	1,98
<i>U. ruziziensis</i>	206	204 a	25 b	23	1,98	1,98
CV (%)	3,6	3,4	5,6	7,7	1,1	1,4
DMS (Tukey - p<0,05)	5,22	4,72	0,94	1,18	0,01	0,02
Parcelamento do N (PN) ²						
00+00+00	207	203	26	24	1,98	1,99
00+90+00	218	202	25	22	1,99	1,98
30+60+00	205	192	24	22	1,99	1,99
60+30+00	205	200	23	22	1,99	2,00
30+00+60	201	201	24	22	1,98	1,98
60+00+30	204	198	23	23	1,99	1,97
00+60+30	220	201	24	21	1,99	1,98
45+45+00	211	199	25	22	1,98	1,98
00+45+45	210	204	23	23	1,99	1,99
45+00+45	220	194	26	21	1,99	1,98
CV (%)	6,2	5,2	9,8	7,6	0,8	1,0
DMS (Tukey - p<0,05)	17,31	13,85	3,15	2,24	0,02	0,03
Teste F						
SC	17,64**	18,89**	15,05**	19,36**	1,37 ^{ns}	0,59 ^{ns}
PN	3,46**	1,56 ^{ns}	1,89 ^{ns}	2,55*	1,22 ^{ns}	1,45 ^{ns}
SC x PN	4,16**	0,97 ^{ns}	1,57 ^{ns}	2,08*	0,42 ^{ns}	1,31 ^{ns}
Média geral	210	200	24	22	1,99	1,98

¹ Médias seguidas de letras distintas na coluna, dentro de cada fator, diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05). * (p<0,05), ** (p<0,01) e ^{ns} (não significativo), respectivamente pelo teste F. ² Quantidade de N aplicada em cobertura no feijoeiro nos estádios fenológicos V₃ (formação do primeiro trifólio), V₄ (presença da terceira folha trifoliada) e R₅ (pré-florescimento), respectivamente.

Tabela 19. Desdobramento da interação sistemas de cultivo x parcelamento do nitrogênio em cobertura para o teor de proteína bruta (g kg⁻¹) nos grãos do feijoeiro. Jaboticabal-SP, safra 2012 ⁽¹⁾.

Tratamentos	Sistemas de cultivo (SC)		
	Milho	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	<i>U. ruziziensis</i>
Parcelamento do N (PN) ²			
00+00+00	209 abAB	218 abcA	196 abB
00+90+00	194 bB	237 aA	224 aA
30+60+00	191 bB	226 abA	197 abB
60+30+00	214 abA	210 abcAB	191 bB
30+00+60	200 bAB	213 abcA	189 bB
60+00+30	204 bAB	194 cB	215 abA
00+60+30	236 aA	214 abcB	209 abB
45+45+00	214 abA	210 abcA	210 abA
00+45+45	203 bA	204 bcA	222 aA
45+00+45	217 abAB	233 abA	211 abB

¹ Médias seguidas de letras distintas, maiúscula na linha e minúscula na coluna, diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05). ² Quantidade de N aplicada em cobertura no feijoeiro nos estádios fenológicos V₃ (formação do primeiro trifólio), V₄ (presença da terceira folha trifoliada) e R₅ (pré-florescimento), respectivamente.

Tabela 20. Desdobramento da interação sistemas de cultivo x parcelamento do nitrogênio em cobertura para o tempo para cozimento (minutos) dos grãos do feijoeiro. Jaboticabal-SP, safra 2013 ⁽¹⁾.

Tratamentos	Sistemas de cultivo (SC)		
	Milho	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	<i>U. ruziziensis</i>
Parcelamento do N (PN) ²			
00+00+00	23 aA	25 bB	23 aA
00+90+00	20 aA	23 abB	23 aAB
30+60+00	20 aA	23 abAB	24 aB
60+30+00	20 aA	24 abB	21 aAB
30+00+60	22 aA	23 abA	22 aA
60+00+30	21 aA	22 aA	25 aB
00+60+30	19 aA	20 aAB	23 aB
45+45+00	22 aA	22 abA	23 aA
00+45+45	21 aA	24 abB	22 aAB
45+00+45	19 aA	21 aAB	22 aB

¹ Médias seguidas de letras distintas, maiúscula na linha e minúscula na coluna, diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05). ² Quantidade de N aplicada em cobertura no feijoeiro nos estádios fenológicos V₃ (formação do primeiro trifólio), V₄ (presença da terceira folha trifoliada) e R₅ (pré-florescimento), respectivamente.

Ao confrontar os resultados obtidos com a escala de Proctor e Watts (1987) foi possível observar que alguns tratamentos aplicados na safra 2013, dentre eles, o parcelamento 00+60+30 na sucessão ao consórcio e, os parcelamentos 45+45+00, 30+60+00, 60+30+00 e aplicação em dose única (00+90+00) após milho exclusivo, resultaram em grãos com susceptibilidade média ao cozimento (16 a 20 minutos). É necessário considerar que em nenhuma das situações, foram ultrapassados 25 minutos para o cozimento dos grãos do feijoeiro, sendo classificados como de resistência normal (21 a 28 minutos), segundo Proctor e Watts (1987) e, como aceitáveis de acordo com Ramalho e Abreu (2006).

Não ocorreram diferenças quanto aos sistemas de cultivo e dos parcelamentos do N em cobertura na relação de hidratação dos grãos, em ambas as safras (Tabela 18). Resultados semelhantes foram relatados por Silva, Lemos e Tavares (2006), Farinelli e Lemos (2010), Fiorentin et al. (2011), Mingotte (2011) e Jardim (2013).

O tempo necessário para máxima hidratação dos grãos do feijoeiro, independentemente do sistema de cultivo e do parcelamento do N em cobertura, variou entre 10h39min e 11h59min na safra 2012 (Tabela 21) e entre 11h01min e 11h58min na safra 2013 (Tabela 22). Segundo a Instrução Normativa nº 25 de 23/05/2006 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2006), o tempo padrão para se avaliar a capacidade de hidratação em grãos de feijão é de 16 horas, utilizando-se água destilada, com base no trabalho de Proctor e Watts (1987). Desta forma, os resultados evidenciam que tanto os sistemas de cultivo quanto os parcelamentos do N em cobertura não interferiram neste atributo tecnológico.

Tabela 21. Tempo para máxima hidratação dos grãos (TMH) do feijoeiro em função do sistema de cultivo antecessor e do parcelamento do nitrogênio em cobertura. Jaboticabal-SP, safra 2012.

Sistema de cultivo (SC)	Parcelamento do N (PN) ²	Equação de regressão ¹	R ²	TMH
Milho	00+00+00	$y = -0,0001x^2 + 0,1366x + 12,9$	0,83**	11:22
	00+90+00	$y = -0,0001x^2 + 0,1383x + 12,8$	0,84**	11:31
	30+60+00	$y = -0,0001x^2 + 0,1440x + 13,7$	0,82**	11:59
	60+30+00	$y = -0,0001x^2 + 0,1436x + 14,3$	0,80**	11:58
	30+00+60	$y = -0,0001x^2 + 0,1426x + 14,2$	0,80**	11:52
	60+00+30	$y = -0,0001x^2 + 0,1401x + 11,7$	0,87**	11:40
	00+60+30	$y = -0,0001x^2 + 0,1409x + 12,1$	0,85**	11:44
	45+45+00	$y = -0,0001x^2 + 0,1399x + 12,7$	0,84**	11:39
	00+45+45	$y = -0,0001x^2 + 0,1414x + 12,6$	0,85**	11:46
	45+00+45	$y = -0,0001x^2 + 0,1421x + 11,6$	0,87**	11:50
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	00+00+00	$y = -0,0001x^2 + 0,1279x + 12,3$	0,83**	10:39
	00+90+00	$y = -0,0001x^2 + 0,1406x + 12,2$	0,85**	11:43
	30+60+00	$y = -0,0001x^2 + 0,1429x + 11,4$	0,87**	11:54
	60+30+00	$y = -0,0001x^2 + 0,1372x + 12,9$	0,83**	11:25
	30+00+60	$y = -0,0001x^2 + 0,1420x + 12,2$	0,85**	11:49
	60+00+30	$y = -0,0001x^2 + 0,1386x + 10,9$	0,88**	11:33
	00+60+30	$y = -0,0001x^2 + 0,1439x + 12,6$	0,85**	11:59
	45+45+00	$y = -0,0001x^2 + 0,1439x + 11,6$	0,87**	11:59
	00+45+45	$y = -0,0001x^2 + 0,1438x + 12,6$	0,85**	11:58
	45+00+45	$y = -0,0001x^2 + 0,1317x + 11,4$	0,86**	11:58
<i>U. ruziziensis</i>	00+00+00	$y = -0,0001x^2 + 0,1425x + 11,7$	0,86**	11:52
	00+90+00	$y = -0,0001x^2 + 0,1437x + 11,3$	0,88**	11:58
	30+60+00	$y = -0,0001x^2 + 0,1399x + 11,8$	0,86**	11:39
	60+30+00	$y = -0,0001x^2 + 0,1417x + 12,4$	0,84**	11:48
	30+00+60	$y = -0,0001x^2 + 0,1439x + 12,4$	0,85**	11:59
	60+00+30	$y = -0,0001x^2 + 0,1434x + 12,2$	0,86**	11:57
	00+60+30	$y = -0,0001x^2 + 0,1439x + 11,7$	0,86**	11:59
	45+45+00	$y = -0,0001x^2 + 0,1436x + 10,5$	0,88**	11:58
	00+45+45	$y = -0,0001x^2 + 0,1438x + 11,0$	0,88**	11:58
	45+00+45	$y = -0,0001x^2 + 0,1437x + 10,5$	0,89**	11:58

¹ x = tempo para a hidratação (minutos) e y = quantidade de água absorvida (mL). R² = coeficiente de determinação; ** (p<0,01) pelo teste t. ² Quantidade de N aplicada em cobertura nos estádios fenológicos V₃ (formação do primeiro trifólio), V₄ (presença da terceira folha trifoliada) e R₅ (pré-florescimento), respectivamente.

Tabela 22. Tempo para máxima hidratação dos grãos (TMH) do feijoeiro em função do sistema de cultivo antecessor e do parcelamento do nitrogênio em cobertura. Jaboticabal-SP, safra 2013.

Sistema de cultivo (SC)	Parcelamento do N (PN) ²	Equação de regressão ¹	R ²	TMH
Milho	00+00+00	$y = -0,0001x^2 + 0,134x + 3,586$	0,98**	11:11
	00+90+00	$y = -0,0001x^2 + 0,143x + 6,740$	0,95**	11:57
	30+60+00	$y = -0,0001x^2 + 0,135x + 4,832$	0,97**	11:16
	60+30+00	$y = -0,0001x^2 + 0,135x + 7,015$	0,95**	11:13
	30+00+60	$y = -0,0001x^2 + 0,136x + 6,156$	0,95**	11:22
	60+00+30	$y = -0,0001x^2 + 0,132x + 7,311$	0,93**	11:01
	00+60+30	$y = -0,0001x^2 + 0,136x + 1,641$	0,98**	11:22
	45+45+00	$y = -0,0001x^2 + 0,143x + 6,859$	0,95**	11:58
	00+45+45	$y = -0,0001x^2 + 0,142x + 5,363$	0,96**	11:52
	45+00+45	$y = -0,0001x^2 + 0,135x + 5,883$	0,96**	11:19
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	00+00+00	$y = -0,0001x^2 + 0,143x + 8,483$	0,92**	11:57
	00+90+00	$y = -0,0001x^2 + 0,139x + 9,523$	0,90**	11:37
	30+60+00	$y = -0,0001x^2 + 0,140x + 5,748$	0,96**	11:41
	60+30+00	$y = -0,0001x^2 + 0,133x + 5,260$	0,96**	11:15
	30+00+60	$y = -0,0001x^2 + 0,132x + 8,201$	0,92**	11:03
	60+00+30	$y = -0,0001x^2 + 0,138x + 9,140$	0,92**	11:33
	00+60+30	$y = -0,0001x^2 + 0,134x + 6,102$	0,96**	11:12
	45+45+00	$y = -0,0001x^2 + 0,134x + 8,253$	0,92**	11:11
	00+45+45	$y = -0,0001x^2 + 0,138x + 5,521$	0,96**	11:31
	45+00+45	$y = -0,0001x^2 + 0,140x + 7,526$	0,93**	11:41
<i>U. ruziziensis</i>	00+00+00	$y = -0,0001x^2 + 0,141x + 9,415$	0,91**	11:45
	00+90+00	$y = -0,0001x^2 + 0,142x + 8,559$	0,92**	11:49
	30+60+00	$y = -0,0001x^2 + 0,142x + 9,017$	0,91**	11:52
	60+30+00	$y = -0,0001x^2 + 0,141x + 8,702$	0,91**	11:49
	30+00+60	$y = -0,0001x^2 + 0,142x + 8,737$	0,92**	11:51
	60+00+30	$y = -0,0001x^2 + 0,142x + 8,273$	0,92**	11:53
	00+60+30	$y = -0,0001x^2 + 0,142x + 7,638$	0,94**	11:49
	45+45+00	$y = -0,0001x^2 + 0,139x + 9,425$	0,90**	11:38
	00+45+45	$y = -0,0001x^2 + 0,143x + 8,164$	0,92**	11:57
	45+00+45	$y = -0,0001x^2 + 0,141x + 8,299$	0,93**	11:46

¹ x = tempo para a hidratação (minutos) e y = quantidade de água absorvida (mL). R² = coeficiente de determinação; ** (p<0,01) pelo teste t. ² Quantidade de N aplicada em cobertura nos estádios fenológicos V₃ (formação do primeiro trifólio), V₄ (presença da terceira folha trifoliada) e R₅ (pré-florescimento), respectivamente.

5. CONCLUSÕES

1. A *Urochloa ruziziensis* reduz a produtividade de grãos do milho em consórcio, quando semeados simultaneamente.

2. As características agronômicas e a produtividade de grãos do milho cultivado exclusivamente ou em consórcio com *U. ruziziensis* não são influenciadas pelo residual da adubação nitrogenada em cobertura aplicada no feijoeiro antecedente.

3. Sistemas de cultivo com milho e *U. ruziziensis* exclusivos ou em consórcio promovem formação de palhada, viabilizando a manutenção do plantio direto com qualidade.

4. A aplicação de nitrogênio em cobertura na dose de 90 kg ha⁻¹ unicamente em V₄ proporciona produtividade de grãos semelhante à observada na ausência do fornecimento do nutriente ao feijoeiro em sucessão a milho e *U. ruziziensis* exclusivos e em consórcio no sistema plantio direto.

5. A produtividade de grãos do feijoeiro difere entre os sistemas de cultivo e em função do parcelamento do nitrogênio em cobertura, sendo economicamente viável de forma distinta entre as safras avaliadas.

6. O parcelamento do nitrogênio em cobertura aumenta a eficiência agrônômica no uso do nutriente pelo feijoeiro em sucessão a milho e *U. ruziziensis* no sistema plantio direto.

7. O feijoeiro quando cultivado após *U. ruziziensis* exclusiva apresenta superior rendimento de peneira maior ou igual a 12 (RP≥12), comparativamente aos demais sistemas de cultivo avaliados.

8. A adubação nitrogenada em cobertura promove adequados teores de proteína bruta, tempo para cozimento e capacidade de hidratação dos grãos do feijoeiro em sucessão a milho e *U. ruziziensis* no sistema plantio direto.

6. REFERÊNCIAS

AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; THUNG, M.; SOARES, D. M.; OLIVEIRA, F. R. A. Produção sustentável do feijoeiro comum sob irrigação por aspersão na Integração Lavoura-Pecuária. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO - CONAFE, 8., 2005, Goiânia, GO. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. p. 839-841. (Documentos, 182).

AIDAR, H.; THUNG, M.; OLIVEIRA, I. P. de; KLUTHCOUSKI, J.; CARNEIRO, G. E. S.; SILVA, J. G. da; Del PELOSO, M. J. Bean production and white mould incidence under no-till system. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, East Lansing, v. 43, p. 150-151, 2000.

ALLEN, V. G.; BAKER, M. T.; SEGARRA, E. BROWN, C. P. Integrated irrigated crop-livestock systems in dry climates. **Agronomy Journal**, Madison, v. 99, n. 2, p. 346-360, 2007.

ALTMANN, N. **Adubação de sistemas integrados de produção em plantio direto: resultados práticos no cerrado**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2012. p. 1-8. (Informações Agronômicas, 140).

AMBROSANO, E. J.; WUTKE, E. B.; BULISANI, E. A.; CANTARELLA, H. Feijão. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. p. 194-195. (Boletim técnico, 100).

ANDRIOLI, I.; CENTURION, J. F. Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Brasília, 1999. **Anais...** Brasília-DF: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. p.1-4.

AOAC INTERNATIONAL (Gaithersburg, Estados Unidos). **Official methods of analysis of AOAC International**. 16.ed. Washington, 1995. 200p.

ARF, M. V.; BUZETTI, S.; ARF, O.; KAPPES, C.; FERREIRA, J. P.; GITTI, D. C.; YAMAMOTO, C. J. T. Fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em feijoeiro de inverno sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 3, p.430-438, 2011.

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**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 499-506, 2008.

BARBOSA FILHO, M. P.; COBUCCI, T.; FAGERIA, N. K.; MENDES, P. N. Época de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado monitorada com auxílio de sensor portátil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 425-431, 2009.

BARBOSA FILHO, M. P.; FAGERIA, N. K.; SILVA, O. F. Fontes, doses e parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura para o feijoeiro comum irrigado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 1, p. 69-76, 2005.

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**, Amsterdam, v. 32, n. 2, p. 85-100, 1992.

BATAGLIA, O. C.; BRÜGGEMANN, G.; CARDOSO, F.; DECHEN, S. **Estado da arte do plantio direto no Brasil 2007-2012**. In: 13º Encontro Nacional de Plantio Direto, Passo Fundo, 2012.

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas, Instituto Agrônômico, 1983. 48p. (Boletim técnico, 78).

BATISTA, K.; DUARTE, A. P.; CECCON, G.; De MARIA, I. C.; CANTARELLA, H. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em forrageiras onsorciadas com milho safrinha em função da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1154-1160, 2011.

BERTOL, I.; RAMOS, R. R.; BARBOSA, F. T.; GONZÁLEZ, A. P.; RAMOS, J. C.; BANDEIRA, D. H. Water erosion in no-tillage monoculture and intercropped systems along contour lines. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 2, p. 521-528, 2013.

BINOTTI, F. F. S.; ARF, O.; CARDOSO, E. D.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S. Manejo do nitrogênio em cobertura do feijoeiro de inverno no sistema plantio direto. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 1, n. 1, p. 58-64, 2014.

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

BLOOM, A. J. Assimilação de nutrientes minerais. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal** 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. p.343-368.

BOARETTO, A. E.; LAVRES JUNIOR, J.; ABREU-JÚNIOR, C. H. Os desafios da nutrição mineral de plantas. In: PRADO, R. M.; WADT, P. G. S. (Eds.) **Nutrição e adubação de espécies florestais e palmeiras**. Jaboticabal, FCAV/CAPES. 2014, p.27-54.

BOLSA DE CEREAIS DE SÃO PAULO. **Boletim Informativo Diário** nº 11.850. Disponível em: <www.bcsp.com.br>. Acesso em: 29 maio de 2014.

BORDIN, L. C.; COELHO, C. M. M.; SOUZA, C. A.; ZILIO, M. Diversidade genética para a padronização do tempo e percentual de hidratação preliminar ao teste de

cocção de grãos de feijão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 4, p. 890-896, 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**, Campinas, v. 62, n. 3, p. 417-428, 2003.

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

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

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C.; MATEUS, G. P.; NASCENTE, A. S.; MARTINS, P. O. Intercropping time of corn and palisadegrass or guineagrass affecting grain yield and forage production. **Crop Science**, Madison, v. 53, n. 2, p. 629-636, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Portaria n. 364, de 4 de dezembro de 2009**. Brasília, DF, 2009. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, n. 233, 7 dez. 2009. Seção 1, p. 4. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/diarios/1560114/pg-4-secao-1-diario-oficial-da-uniao-dou-de-07-12-2009/pdfView>>. Acesso em: 21 jan. 2015.

BRISKIN, D. P.; BLOOM, A. Nutrição mineral. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal** 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. p.107-130.

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

BURATTO, J. S.; MODA-CIRINO, V.; SCHOLZ, M. B. dos S.; LANGAME, D. E. M.; FONSECA JUNIOR, N. S.; PRÉTE, C. E. C. Variabilidade genética e efeito do ambiente para o teor de proteína em grãos de feijão. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 4, p. 593-597, 2009.

CABEZAS, L. W. A. R.; ALVES, B. J. R.; CABALLERO, S. S. U.; SANTANA, D. G. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade do milho em sistema plantio direto e solo preparado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 4, p.1005-1013, 2004.

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

CANTARELLA, H., RAIJ, B. van.; CAMARGO, C. E. O. Cereais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. p. 43-71.

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

CARBONELL, S. A. M.; CHIORATO, A. F.; GONÇALVES, J. G. R.; PERINA, E. F.; CARVALHO, C. R. L. Tamanho de grão comercial em cultivares de feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 10, p. 2067-2073, 2010.

CARMEIS FILHO, A. C. A.; CUNHA, T. P. L.; MINGOTTE, F. L. C.; AMARAL, C. B.; LEMOS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada no feijoeiro após palhada de milho e braquiária no plantio direto. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 2, p. 66-75, 2014.

CARVALHO, M. T. M.; MADARI, B. E.; LEAL, W. G. O.; COSTA, A. R.; MACHADO, P. L. O. A.; SILVEIRA, P. M.; MOREIRA, J. A. A.; HEINEMANN, A. B. Nitrogen fluxes from irrigated common-bean as affected by mulching and mineral fertilization.

Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 48, n. 5, p. 478-486, 2013.

CASTOLDI, G.; REIS, J. G.; PIVETTA, L. A., ROSOLEM, C. A. Soil nitrogen dynamics after brachiaria desiccation. . **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1620-1627, 2013.

CECCON, G.; SACOMAN, A.; MATOSO, A. O.; NUNES, D. P.; INOCÊNCIO, M. F. **Consórcio de milho safrinha com *Brachiaria ruziziensis*, em lavouras comerciais de agricultores em 2008**. Dourados, Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 28p. (Boletim de pesquisa, 48).

CEPAGRI - Centro de pesquisas meteorológicas e climáticas aplicadas a agricultura. **Sistema de monitoramento agrometeorológico**. 2013. Disponível em: <<http://www.agritempo.gov.br>>. Acesso em: 10 de jan. 2015.

CHAVES, J. C. D.; CALEGARI, A. Adubação verde e rotação de culturas. In: Agricultura alternativa. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 212, p. 53-60, 2001.

CHIODEROLI, C, A.; MELLO, L. M. M.; GRIGOLLI, P. J.; SILVA, J. O. da R.; CESARIN, A. L.; SÁ, M. E. Consorciação de braquiárias com milho outonal em plantio direto sob pivô central. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, 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. 5p. (Embrapa-CNPMS. 2002, Comunicado Técnico, 45).

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**: quinto levantamento, safra 2014/15. 2015, v. 2, n. 5. 117p. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 24 de fevereiro de 2015.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S.; LOPES, K. S. M.; SANTOS, F. G.; PARIZ, C. M. Acúmulo de macronutrientes e decomposição da palhada de braquiárias em razão da adubação nitrogenada durante e após o consórcio com a cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 4, p. 1223-1233, 2014a.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; FERNANDES, J. C.; CAVASANO, F. A.; ULIAN, N. A.; PARIZ, C. M.; SANTOS, F. G. Acúmulo de nutrientes e decomposição da palhada de braquiárias em função do manejo de corte e produção do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Pernambuco, v. 9, n. 2, p. 166-173, 2014b.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; GAMEIRO, R. A.; PARIZ, C. M.; BUZETTI, S.; LOPES, K. S. M. Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 8, p. 1038-1047, 2012.

CRUSCIOL, C. A. C., MATEUS, G. P.; NASCENTE, A. S.; MARTINS, P.O.; BORGHI, E.; PARIZ, C. .M. An innovative crop-forage intercrop system: Early cycle soybean cultivars and palisadegrass. **Agronomy Journal**, Madison, v. 104, n. 4, p.1085-1095, 2012.

CRUSCIOL, C. A. C., SORATTO, R. P.; BORGHI, E.; MATHEUS, G. P. Benefits of integrating crops and tropical pastures as systems of production. **Better Crops**, Peachtree Corners, v. 94, n. 2, p. 14-16, 2010.

CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, E.; SORATTO, R. P.; MATEUS, G. P. **Integração lavoura-pecuária**: benefícios das gramíneas nos sistemas de produção. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2009. p. 2-15. (Informações Agronômicas, 125).

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; SILVA, L. M.; LEMOS, L. B. Fontes e doses de nitrogênio para o feijoeiro em sucessão a gramíneas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1545-1552, 2007.

CRUZ, J. F.; OLIVEIRA, T. K. Desempenho agrônômico de variedades de feijoeiro no sistema plantio direto. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 3, p. 83-89, 2014.

CUNHA, T. P. L. **Adubação nitrogenada no feijoeiro irrigado em sucessão à milho e braquiária em plantio direto**. 2013. 51 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2013.

DERPSCH, R. Sistemas conservacionistas de produção: como assegurar a sua sustentabilidade? In: III REUNIÃO PARANAENSE DE CIÊNCIA DO SOLO, Londrina, 2013. **Resumos...** Londrina-PR: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Estadual do Paraná, 2013. p.383-391.

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. Ecofisiologia e fenologia. In: **Produção de feijão**. Piracicaba: Fealq. 2000. p. 23-47.

DUARTE, A. P.; KURIHARA, C. H.; CANTARELLA, H. Adubação do milho safrinha em consórcio com braquiária. In: CECCON, G. (Ed.). **Consórcio Milho-Braquiária**. Brasília: Embrapa, 2013. p. 113-141.

DUNFORD, S. Translocação no floema. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal** 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. p.271-304.

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. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade de Campinas, Campinas, 1979.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. 3. ed. Brasília: EMBRAPA, 2013. 353 p.

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

FALLEIRO, R. M.; SOUZA, C. M.; SILVA, C. S. W.; SEDIYAMA, C. S.; SILVA, A. A.; FAGUNDES, J. L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 6, p.1097-1104, 2003.

FANCELLI, A. L. Pesquisas certificam espécies para rotação de culturas. **Revista Visão Agrícola**. Ed. Plantio direto. Visão Agrícola: ESALQ/Piracicaba, n. 9, p. 17-20, 2009.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2011. Disponível em:<<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor> > Acesso em: 08 jan. 2015.

FARINELLI, R. **Características agronômicas e tecnológicas em genótipos de feijoeiro**. 2006. 80 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

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

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B.; PENARIOL, F. G.; EGÉA, M. M.; GASPAROTO, M. G. Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro em plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 2, p. 307-312, 2006.

FEBRAPDP. Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha. **Evolução da área cultivada no sistema de plantio direto na palhada - Brasil. 2010**. Disponível em: <<http://www.febrapdp.org.br/download/BREvolucaoPD2008a2010.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2011.

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.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, E. A.; COLETTI, A. J.; SILVA, W. M.; MACEDO, F. G.; ALBUQUERQUE, A. N. Desempenho e uso eficiente da terra de modalidades de consorciação com milho e forrageiras. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 3, p. 22-29, 2014.

FIETZ, C. R.; COMUNELLO, É.; CECCON, G.; FLUMIGNAN, D. L.; SENTELHAS, P. C. Risco climático do consórcio milho com braquiária em Mato Grosso do Sul. In: CECCON, G. (Ed.). **Consórcio Milho-Braquiária**. Brasília: Embrapa, 2013. p. 89-112.

FIORENTIN, C. F.; LEMOS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D.; JARDIM, C. A. Influência da consorciação com *brachiaria ruziziensis* e do nitrogênio residual na cultura do milho. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 35, n. 1, p. 184-192, 2012a.

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**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 2825-2836, 2012b.

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**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 917-924, 2011.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: FUNEP, 2007. 576p.

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**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 115-121, 2007.

FRANCHINI, J. C.; COSTA, J. M.; DEBIASI, H. **Rotação de culturas**: prática que confere maior sustentabilidade à produção agrícola no Paraná. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. p. 1-13. (Informações Agronômicas, 134).

GENNARO, L. A.; SOUZA, Z. M.; WEILL, M. A. M.; SOUZA, G. S.; ALVES, M. C. Soil physical and microbiological attributes cultivated with the common bean under two management systems. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 4, p. 641-649, 2014.

GERLACH, G. A. X.; ARF, O.; CORSINI, D. C. D. C.; SILVA, J. C.; COLETTI, A. J. Análise econômica da produção de feijão em função de doses de nitrogênio e coberturas vegetais. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 1, p. 42-49, 2013.

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: Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 3, p. 455-459, 2005a.

GOMES JUNIOR, F. G.; LIMA, E. R.; SÁ, M. E.; ARF, O.; RAPASSI, R. M. A. Rendimento do feijoeiro de inverno em resposta à época de semeadura e adubação nitrogenada em cobertura em diferentes estádios fenológicos. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 77-81, 2005b.

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

GOMES JUNIOR, F. G.; SÁ, M. E.; VALÉRIO FILHO, W. V. Nitrogênio no feijoeiro em sistema plantio direto sobre gramíneas. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 3, p. 387-395, 2008.

HAAG, H. P.; MALAVOLTA, E.; GARGANTINI, H.; GARCIA, H. Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 26, n. 30, p. 381-391, 1967.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; SOUZA, E.M.; PEDROSA, F.O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 331, n. 1-2, p. 413-425, 2010.

IEA. Instituto de Economia Agrícola. **Preços médios pagos**. Disponível em: <www.iea.sp.gov.br>. Acesso em: 29 maio de 2014.

JARDIM, C. A. **Parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro em sucessão ao milho e *Urochloa ruziziensis* em sistema plantio direto**. 2013. 57 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal). Faculdade

de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2013.

KIGEL, J. Culinary and nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* seeds as affected by environmental factors. **Biotechnologie, Agronomie, Société et Environment**, Gembloux, v. 3, n. 4, p. 205-209, 1999.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; COBUCCI, T. Opções e vantagens da Integração Lavoura-Pecuária e a produção de forragens na entressafra. In: Integração Lavoura-Pecuária. **Informe Agropecuário**: Belo Horizonte, v.28, n.240, p.16-29, 2007.

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

KLUTHCOUSKI, J.; CORDEIRO, L. A. M.; CECCON, G.; OLIVEIRA, P. Braquiária na agropecuária brasileira: uma história de sucesso. In: CECCON, G. (Ed.). **Consórcio Milho-Braquiária**. Brasília: Embrapa, 2013. p. 15-23.

KNIGHTON, N.; BUGBEE, B. **A comparison of Opt-Sciences CCM-200 chlorophyll meter and the Minolta SPAD 502 chlorophyll meter**. 2015. 2p. Disponível em <<http://www.optisci.com/datasheet/ccmvsspad.pdf>>. Acesso em 20 de janeiro de 2015.

LAFLEN, J. M.; AMEMIYA, A.; HINTZ, E. A. Measuring crop residues cover. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 36, n. 6, p. 341-343, 1981.

LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I.; MENEZES, E. W. Qualidade nutricional. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. (Ed.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. p. 23-56.

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**, Campinas, v. 66, n. 1, p. 131-140, 2007.

LEMONS, 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**, Brasília, v. 39, n. 4, p. 319-326, 2004.

LEONEL, F. P.; PEREIRA, J. C.; COSTA, M. G.; MARCO JÚNIOR, P.; SILVA, C. J.; LARA, L. A. Consórcio capim-braquiária e milho: comportamento produtivo das culturas e características nutricionais e qualitativas das silagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 1, p. 166-176, 2009.

LLANILLO, R. F. Avanços e limitações à consolidação do SPD no Paraná. In: III REUNIÃO PARANAENSE DE CIÊNCIA DO SOLO, Londrina, 2013. **Resumos**. Londrina-PR: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Estadual do Paraná, 2013. p. 447-450.

MACEDO, M. C. M.; ARAÚJO, A. R.; Sistemas de integração lavoura-pecuária: alternativas para recuperação de pastagens degradadas. In: BUNGENSTAB, D. J. (Ed.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. 2.ed., Brasília, DF: Embrapa, 2012. cap. 4, p.27-48.

MACHADO, L. A. Z.; CECATO, U.; JANK, L.; VERZIGNASSI, J. R.; VALLE, C. B. Identificação e características de forrageiras perenes para consórcio com milho. In: CECCON, G. (Ed.). **Consórcio Milho-Braquiária**. Brasília: Embrapa, 2013. p. 47-68.

MALAVOLTA, E.; MORAES, M. F. Fundamentos do nitrogênio e do enxofre na nutrição mineral das plantas cultivadas. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G. C. (Org.). **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2007, p. 189-249.

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

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Anexo I - Requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso de feijão (*Phaseolus vulgaris*) para a inscrição no registro nacional de cultivares - RNC-2006**. Brasília, DF, 2006. Disponível em: <<http://agricultura.gov.br>>. Acesso em: 06 jan. 2015.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura**. Brasília: MAPA/MDA/ACS, 2012. 173p. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/plano-abc>>. Acesso em: 07 de jan. 2015.

MAROCHI, A. I. **Manejo de plantas de cobertura no sistema plantio direto**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2006. p. 4-5. (Informações Agronômicas, 116).

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**, Brasília, v. 40, n. 4, p. 383-388, 2005.

MINGOTTE, F. L. C. **Adubação nitrogenada no feijoeiro de primavera em sucessão a milho e braquiária em plantio direto**. 2011. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2011.

MINGOTTE, F. L. C.; YADA, M. M.; JARDIM, C. A.; FIORENTIN, C. F.; LEMOS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D. Sistemas de cultivo antecessores e doses de nitrogênio em cobertura no feijoeiro em plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlandia, v. 30, n. 5, suplemento 2, p. 696-706, 2014.

MINGOTTE, F. L. C.; YADA, M. M.; JARDIM, C. A.; LEMOS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D. Análise econômica da adubação nitrogenada no feijoeiro em sucessão a milho e braquiária no plantio direto. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 1, n. 1, p. 112-119, 2012.

MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; LUSTOSA, S. B. C.; COSTA, S. E. V. G. A.; KUNRATH, T. R. Integrated crop–livestock systems in the Brazilian subtropics. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 57, n. 7, p. 4-9, 2014.

NASCENTE, A. S.; CRUSCIOL, C. A. C. Cover crops and herbicide timing management on soybean yield under no-tillage system. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 2, p. 187-192, 2012.

NASCENTE, A. S.; GUIMARÃES, C. M.; COBUCCI, T.; CRUSCIOL, C. A. C. *Brachiaria ruziziensis* and herbicide on yield of upland rice. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 729-735, 2012.

NÓBREGA, R. S. A.; NÓBREGA, J. C. A. Fixação biológica do nitrogênio na recuperação de áreas degradadas e na produtividade de solos tropicais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 24, n. 220, p. 64-72, 2003.

OLIVEIRA, I. P.; THUNG, M. D. T. Nutrição mineral. In: ZIMMERMANN, M. J. O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). **Cultura do feijoeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1988. p. 175-212.

OLIVEIRA, P.; KLUTHCOUSKI, J.; FAVARIN, J. L.; SANTOS, D.C. **Sistema Santa Brígida - Tecnologia Embrapa**: Consorciação de milho com leguminosas. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2010. 16 p. (Circular Técnica, 88).

OLIVEIRA, V. R.; RIBEIRO, N. D.; MAZIERO, S. M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; JOST, E. Qualidade para o cozimento e composição nutricional de genótipos de feijão com e sem armazenamento sob refrigeração. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 5, p. 746-752, 2011.

OVANDO-MARTÍNEZ, M.; OSORIO-DÍAZ, P.; WHITNEY, K.; BELLO-PÉREZ, L. A.; SIMSEK, S. Effect of the cooking on physicochemical and starch digestibility properties of two varieties of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grown under different water regimes. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 129, n. 2, p. 358–365, 2011.

PACHECO, A.; OLIVEIRA, G. Q.; LOPES, A. S.; BARBOSA, A. S. Manejos de irrigação e nitrogênio na produção de feijoeiro sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 3, p. 323-330, 2012.

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

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; AZENHA, M. V.; BERGAMASCHINE, A. F.; MELO, L. M. M.; LIMA, R. C. Produtividade de grãos de milho e massa seca de braquiárias em consórcio no sistema de integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 5, p. 875-882, 2011.

PARTELLI, F. L.; DIAS, J. R. M.; VIEIRA, H. D.; WADT, G. S.; JÚNIOR, E. P. Avaliação nutricional de feijoeiro irrigado pelos métodos cnd, dris e faixas de suficiência. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 858-866, 2014.

PEGORARO, R. F.; OLIVEIRA, D.; MOREIRA, C. G.; KONDO, M. K.; PORTUGAL, A. F. Partição de biomassa e absorção de nutrientes pelo feijoeiro comum. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 3, p. 41-52, 2014.

PEREZ, A. A. G.; SORATTO, R. P.; MANZATTO, N. P.; SOUZA, E. F. C. 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**, Viçosa, v. 37, n. 5, p. 1276-1287, 2013.

PEREZ, K. S. S.; RAMOS, M. L. G.; McMANUS, C. Nitrogênio da biomassa microbiana em solo cultivado com soja, sob diferentes sistemas de manejo, nos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 2, p.137-144, 2005.

PERINA, E. F.; CARVALHO, C. R. L.; CHIORATO, A. F.; GONÇALVES, J. G. R.; CARBONELL, S. A. M. Avaliação da estabilidade e adaptabilidade de genótipos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) baseada na análise multivariada da “performance” genotípica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 398-406, 2010.

PERINA, E. F.; CARVALHO, C. R. L.; CHIORATO, A. F.; LOPES, R. L. T.; GONÇALVES, J. G. R.; CARBONELL, S. A. M. Technological quality of common bean grains obtained in different growing seasons. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 1, p.14-22, 2014.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 6.ed. Piracicaba: Nobel, 1976. 430p.

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

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**, Toronto, v. 20, n. 1, p. 9-14, 1987.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Cultivares. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J. P.; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão**. 2. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. p. 415-436.

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**, Campinas, v. 64, n. 1, p. 75-82, 2005.

RIBEIRO, N. D.; ANTUNES, I. F.; POERSCH, N. L.; ROSA, S. S.; TEIXEIRA, M. G.; GOMES, A. L. S. Potencial de uso agrícola e nutricional de cultivares crioulas de feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 3, p. 628-634, 2008.

RIBEIRO, N. D.; POERSCH, N. L.; ROSA, S. S. Períodos de semeadura e condições de armazenamento na qualidade de cozimento de grãos de feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 936-941, 2008.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. **Como a planta de milho se desenvolve**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2003. 20p. (Informações Agronômicas, 103).

ROSOLEM, C. A.; WERLE, R.; GARCIA, R. A. Nitrogen washing from C3 and C4 cover grasses residues by rain. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 1899-1905, 2010.

SÁ, J. C. M.; CERRI, C. C.; DICK, W. A.; LAL, R.; VENZKE FILHO, S. P.; PICCOLO, M. C.; FEIGL, B. J. Organic mater dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian oxisol. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 65, n. 5, p.1486-1499, 2001.

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**, Goiânia, v. 43, n. 3, p. 292-299, 2013.

SABUNDJIAN, M. T.; ARF, O.; TARSITANO, M. A. A.; KANEKO, F. H.; CORSINI, D. C. D. C. Análise econômica da adubação nitrogenada em feijoeiro de inverno sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 4, p. 349-356, 2014.

SALGADO, F. H. M.; SILVA, J.; OLIVEIRA, T. C.; BARROS, H. B.; PASSOS, N. G.; FIDELIS, R. R. Eficiência de genótipos de feijoeiro em resposta à adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 4, p. 368-374, 2012.

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

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

SANTOS, A. B.; SILVA, O. F. Manejo do nitrogênio. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. (Eds.). **Produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2002, p.207-230.

SCHLESINGER, W. H. **Biogeochemistry: An Analysis of Global Change**. 2.ed. Academic Press, San Diego, CA. 1997.

SGARBIERI, V. C. Composição e valor nutritivo do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: BULISANI, E. A. (Coord.). **Feijão: fatores de produção e qualidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p.257-326.

SHARKEY, T.; VOGELMANN, T.; EHLERINGER, J.; SANDQUIST, D. Fotossíntese: considerações fisiológicas e ecológicas. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal** 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. p.243-270.

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

SILVA, R. P.; CASSIA, M. T.; VOLTARELLI, M. A.; COMPAGNON, A. M.; FURLANI, C. E. A. Qualidade da colheita mecanizada de feijão (*Phaseolus vulgaris*) em dois sistemas de preparo do solo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 61-69, 2013.

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

SILVEIRA, P. M.; SILVA, J. H.; LOBO JUNIOR, M.; CUNHA, P. C. R. Atributos do solo e produtividade do milho e do feijoeiro irrigado sob sistema integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1170-1175, 2011.

SORATTO, R. P. **Formas de antecipação e fontes de nitrogênio para feijoeiro em sucessão à gramíneas forrageiras no sistema plantio direto**. 2011. 131 f. Tese (Livre-Docência em Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

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

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; SILVA, L. M.; LEMOS, L. B. Aplicação tardia de nitrogênio no feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 2, p. 211-218, 2005.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; SILVA, L. M.; LEMOS, L. B. Parcelamento da adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro em sistema de plantio direto. **Científica**, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 223-228, 2006.

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

SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M.; SANTOS, L. A.; JOB, A. L. Nutrient extraction and exportation by common bean cultivars under different fertilization levels: I - macronutrients. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 4, p. 1027-1042, 2013b.

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**, Viçosa, v. 35, n. 6, p. 2019-2028, 2011.

SORATTO, R. P.; PEREZ, A. A. G.; FERNANDES, A. M. Age of no-till system and nitrogen management on common bean nutrition and yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 106, n. 3, p.809-820, 2014.

SORATTO, R. P.; CARVALHO, M. A. C.; ARF, O. Nitrogênio em cobertura no feijoeiro cultivado em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 259-265, 2006.

SOUZA, C. M. A.; BOTTEGA, E. L.; VILELA, F. V.; RAFULL, L. Z. L.; QUEIROZ, D. M. Espacialização de perdas e da qualidade do feijão em colheita semimecanizada. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 201-208, 2010.

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

SOUZA, J. A.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; ANDREOTTI, M.; SÁ, M. E.; ARF, O. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha irrigado em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p.447-454, 2011.

TORMENA, C. A.; FRIEDRICH, R.; PINTRO, J. C.; COSTA, A. C. S.; FIDALSKI, J. Propriedades físicas e taxa de estratificação de carbono orgânico num latossolo vermelho após dez anos sob dois sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 1023-1031, 2004.

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**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 609-618, 2005.

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

VIEIRA, C. Adubação mineral e calagem. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Ed.) **Feijão**, 2.ed. Viçosa: UFV, 2006. p.115-142.

VILLALBA, H. A. G.; LEITE, J. M.; OTTO, R.; TRIVELIN, P. C. O. **Fertilizantes nitrogenados**: novas tecnologias. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2014. p. 12-20. (Informações Agronômicas, 148).