

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

**INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NO CULTIVO
DO FEIJOEIRO EM SUCESSÃO AO MILHO E À BRAQUIÁRIA
EM SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA**

Ciro Franco Fiorentin

Engenheiro Agrônomo

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

2011

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

**INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NO CULTIVO
DO FEIJOEIRO EM SUCESSÃO AO MILHO E À BRAQUIÁRIA
EM SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA**

Ciro Franco Fiorentin

Orientador: Prof. Dr. Domingos Fornasieri Filho

Co-orientador: Prof. Dr. Leandro Borges Lemos

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

JABOTICABAL – SÃO PAULO - BRASIL

Março de 2011

F518i Fiorentin, Ciro Franco
Influência da adubação nitrogenada no cultivo do feijoeiro em
sucessão ao milho e à braquiária em sistema de semeadura direta / Ciro
Franco Fiorentin. -- Jaboticabal, 2011
xiv, 73 f. :il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade
de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2011

Orientador: Domingos Fornasieri Filho

Banca examinadora: Leandro Borges Lemos, Orivaldo Arf, Rogério
Farinelli

Bibliografia

1. *Brachiaria ruziziensis*. 2. *Phaseolus vulgaris*. 3. *Zea mays*,
I. Título. II. Jaboticabal - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 635.652:631.84



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NO CULTIVO DO FEIJOEIRO EM SUCESSÃO AO MILHO E À BRAQUIÁRIA EM SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA

AUTOR: CIRO FRANCO FIORENTIN

ORIENTADOR: Prof. Dr. DOMINGOS FORNASIERI FILHO

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. LEANDRO BORGES LEMOS

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

Prof. Dr. LEANDRO BORGES LEMOS

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

Prof. Dr. ORIVALDO ARF

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

Prof. Dr. ROGÉRIO FARINELLI

Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos - UNIFEB

Data da realização: 30 de março de 2011.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

CIRO FRANCO FIORENTIN – filho de *Jair Fiorentin* e *Jussara Tereza Fiorentin*, nasceu em Concórdia/SC, aos 16 dias de junho de 1985.

Iniciou o ensino fundamental em Concórdia na Escola Básica Municipal Giuseppe Sette. O ensino médio foi realizado na Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, juntamente com o curso de Técnico Agrícola. Graduado em Agronomia em 12 de julho de 2008 pela Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, campus de Ciências Agroveterinárias em Lages/SC – CAV. Na graduação foi bolsista CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), a frente do projeto intitulado “*Períodos de Supressão da Irrigação Durante o Perfilhamento e Características Agronômicas do Arroz Irrigado no Sistema Pré-Germinado*”, sob orientação do *Professor PhD. Luis Sangoi* pelo período de 2,5 anos.

Ingressou no curso de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado em Produção Vegetal – em março de 2009, pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP/campus de Jaboticabal, sendo bolsista da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), tendo como orientadores os *Professores Dr.º Domingos Fornasieri Filho* e *Leandro Borges Lemos*.

Atualmente ocupa o cargo de Assessor Agrônomo da Bunge Brasil, na região do Triângulo, Alto Paranaíba e Noroeste Mineiro.

AGRADEÇO

À meu pai *Jair Fiorentin (in memorian)*, que mesmo nos momentos mais difíceis de sua vida, me deu força e me apoiou de forma carinhosa. Dedico a você, meu pai, que foi e sempre será um herói para mim, com seus exemplos de vida, suas atitudes, suas conquistas, sua vontade de vencer as dificuldades... Dedico a você, meu pai, pois foi por você e minha família que continuei o que precisava ser continuado...

DEDICO

À minha mãe *Jussara Tereza Fiorentin*, ao meu irmão *Lucas Luan Fiorentin*, pelo apoio nas horas difíceis, pela compreensão e sustentação nos momentos em que mais precisava. Aos meus padrinhos *Jorge e Cleusa Morelatto* e à minha querida avó *Frieda Morelatto*, que foram acima de tudo, companheiros nessa jornada, dispostos a ajudar no que fosse preciso. À minha namorada *Ana Angelita Sampaio Baptista*, minha fortaleza, incentivando-me para prosseguir e nunca desanimar.

Sou muito grato a todos vocês, e saibam que amo-os muito...

*Aprender é a única coisa
de que a mente nunca se cansa.
Nunca tem medo e nunca se arrepende.*

“Leonardo da Vinci”

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

À Deus, primeiramente, por me amparar nos momentos mais difíceis e estar sempre comigo nos momentos mais felizes

À minha família, como um todo, apesar da distância, pelo carinho transmitido nas horas mais difíceis.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, pela disponibilidade da infra-estrutura necessária a realização desse trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos através do programa de pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal).

Ao meu orientador Prof. Dr. Domingos Fornasieri Filho, que me transmitiu parte de seu vasto conhecimento na área de fertilidade do solo e produção de grãos e que colaborou para meu ingresso na carreira profissional.

Ao Prof. Dr. Leandro Borges Lemos, amigo de todas as horas, prontamente disponível a qualquer momento que houvesse dúvida em relação à condução do trabalho, trocando idéias e indicando o melhor caminho a ser seguido.

Aos membros da Comissão Examinadora do Exame Geral de Qualificação e da Banca Examinadora do Curso de Mestrado, pelas valiosas sugestões que me ajudarão no aprimoramento do artigo científico e da finalização da Dissertação de Mestrado.

Ao técnico Mauro Augusto Volpe, por sua valiosa colaboração na condução do trabalho experimental e pelas festinhas mensais em sua casa; ao Sebastião Nicoline e demais funcionários do Departamento de Produção Vegetal, que com suas participações contribuíram para a realização do trabalho.

Aos graduandos Gabriel Pereira Nogueira (“Capivara”), Mateus Sebastião Gonçalves da Silva (“Mucuna”), Guilherme Pozzato Francisco de Souza e Marcela Bonafim Marconatto, pela convivência e auxílio nas avaliações realizadas.

Ao Prof. Dr. Rogério Farinelli, pelas importantes informações que me foram dadas.

Aos funcionários da Fazenda de Ensino e Pesquisa do Campus, em especial ao técnico Marcelo Scatolin pelos serviços realizados de forma prestativa e atenciosa.

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

Aos alunos do Colégio Técnico Agrícola “José Bonifácio”, pela contribuição em atividades à campo.

Aos colegas pós-graduandos Celso Antonio Jardim, Fábio Luiz Checcio Mingotte e Anselmo Augusto de Paiva Custódio, pela amizade pessoal e pela valiosa ajuda.

À Mônica Roberta Ignácio, pela colaboração no preenchimento e encaminhamento de ofícios e relatórios técnicos.

Aos estagiários e demais docentes do Departamento de Produção Vegetal, que contribuíram em algum momento.

Ao meu amigo e colega de moradia Paolo Zancanaro, que meio no “susto” chegou para dividir o “apertamento” e tornou-se um fiel companheiro.

Ao Eng^o Agr^o Sérgio Tadeu Decaro, um colega que conheci há pouco tempo e já muito me ensinou com sua experiência profissional e de vida, e que ainda haverá de contribuir muito com minha formação profissional.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMO.....	xiii
SUMMARY.....	xiv
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	15
O sistema de semeadura direta e utilização de palhada de milho e braquiária no feijoeiro.....	15
A dinâmica do nitrogênio (N) no solo e na planta.....	18
Manejos da adubação nitrogenada no feijoeiro.....	20
Comportamentos agroeconômicos do feijoeiro.....	22
Características nutricionais e tecnológicas de grãos de feijão.....	23
Considerações básicas sobre o trabalho experimental.....	25
Objetivos.....	26
Referências.....	26
CAPÍTULO 2 – VIABILIDADE DE FORMAÇÃO E MANUTENÇÃO DA PALHADA E INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA NO FEIJOEIRO IRRIGADO EM SUCESSÃO À GRAMÍNEAS EM SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA.....	30
RESUMO.....	30
Introdução.....	31
Material e Métodos.....	32
Resultado e Discussão.....	37
Conclusões.....	51
Referências.....	51
CAPÍTULO 3 – CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E VIABILIDADE ECONÔMICA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA NO FEIJOEIRO EM SUCESSÃO À GRAMÍNEAS EM SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA E SEU RESIDUAL AO MILHO.....	54
RESUMO.....	54
Introdução.....	55
Material e Métodos.....	56
Avaliações no feijoeiro (1ª safra inverno-primavera).....	61
Avaliações no milho (1º safra verão).....	63
Avaliações no milho (2ª safra verão).....	64
Análise química da fertilidade do solo.....	66
Resultado e Discussão.....	66
Conclusões.....	83
Referências.....	83

LISTA DE TABELAS

Página

CAPÍTULO 2 – VIABILIDADE DE FORMAÇÃO E MANUTENÇÃO DA PALHADA E INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA NO FEIJOEIRO IRRIGADO EM SUCESSÃO À GRAMÍNEAS EM SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA

- Tabela 1. Quantidade de palhada e intensidade de cobertura da palhada de culturas antecessoras sobre o solo (*B. ruziziensis* exclusiva, consórcio milho e *B. ruziziensis* e milho exclusivo), aos 10 dias antes da semeadura do feijoeiro, no florescimento e aos 30 dias após a colheita da leguminosa cultivar Pérola, conduzido com a aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, no 1º ano do sistema de semeadura direta.....38
- Tabela 2. Densidade populacional final e teor de nitrogênio foliar total no florescimento de plantas de feijoeiro cultivar Pérola, conduzido com aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão à *B. ruziziensis* exclusiva, consórcio milho e *B. ruziziensis* e milho exclusivo, no 1º ano do sistema de semeadura direta..... 41
- Tabela 3. Número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de feijão cultivar Pérola, conduzido com aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão à *B. ruziziensis* exclusiva, consórcio milho e *B. ruziziensis* e milho exclusivo, no 1º ano do sistema de semeadura direta.....43
- Tabela 4. Proteína bruta, tempo para cozimento e tempo para máxima hidratação de grãos de feijão cultivar Pérola, conduzido com aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão à *B. ruziziensis* exclusiva, consórcio milho e *B. ruziziensis* e milho exclusivo, no 1º ano do sistema de semeadura direta.....48

CAPÍTULO 3 – CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E VIABILIDADE ECONÔMICA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA NO FEIJOEIRO EM SUCESSÃO À GRAMÍNEAS EM SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA E SEU RESIDUAL AO MILHO

- Tabela 1. Análise química de fertilidade do solo (0-0,2 metros) da área experimental no ano agrícola 2008/09.....56
- Tabela 2. Coeficientes de cultura para o feijoeiro, cultivar Pérola, na região do Cerrado..... 59
- Tabela 3. Valores agronômicos para o milho cultivado anteriormente ao feijoeiro no sistema de semeadura convencional.....66
- Tabela 4. Dias para o florescimento após a semeadura e número de trifólios de plantas de feijoeiro cultivar Pérola, conduzido com aplicação de diferentes doses

de nitrogênio em cobertura, em sucessão à *B. ruziziensis* exclusiva, consórcio milho e *B. ruziziensis* e milho exclusivo, no 1º ano do sistema de semeadura direta. 67

Tabela 5. Produtividade de grãos e eficiência agrônômica de feijoeiro cultivar Pérola, conduzido com aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão à *B. ruziziensis* exclusiva, consórcio milho e *B. ruziziensis* e milho exclusivo, no 1º ano do sistema de semeadura direta..... 68

Tabela 6. Valores de F, níveis de significância e coeficiente de variação (CV) da porcentagem de grãos de feijão retidos nas peneiras de beneficiamento, conduzido com aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão à *B. ruziziensis* exclusiva, consórcio milho e *B. ruziziensis* e milho exclusivo, no 1º ano do sistema de semeadura direta.....71

Tabela 7. Análise química da fertilidade do solo na camada 0-0,2 m, 20 dias após colheita do milho, após o feijoeiro cultivar Pérola, conduzido com aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão à *B. ruziziensis* exclusiva, consórcio milho e *B. ruziziensis* e milho exclusivo, no 1º ano do sistema de semeadura direta..... 73

Tabela 8. Análise econômica simples da adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro cultivar Pérola, conduzido com aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão à *B. ruziziensis* exclusiva, consórcio milho e *B. ruziziensis* e milho exclusivo, no 1º ano do sistema de semeadura direta, utilizando o preço da saca de grãos de feijão na época da colheita e o preço mínimo estabelecido pela CONAB (2010).....76

Tabela 9. Valores para F calculado das avaliações realizadas no milho, conduzido de forma consorciada com *B. ruziziensis* e exclusivo, após o feijoeiro em diferentes doses de nitrogênio em cobertura em semeadura direta em consolidação 79

Tabela 10. Produtividade de grãos, proteína bruta, altura de plantas, altura de inserção da espiga principal, densidade populacional final, número de espigas por área, diâmetro de colmo, teor de nitrogênio total no florescimento, diâmetro de ráquis, número de grãos por fileira, massa de 100 grãos e comprimento de espiga de milho, conduzido de forma consorciada com *B. ruziziensis* e exclusivo, após o feijoeiro no sistema de semeadura direta em consolidação.....81

LISTA DE FIGURAS

Página

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

Figura 1. Preço médio recebido pelos agricultores do estado de São Paulo por saca (60kg) produzida de grãos de feijão nos meses (a) e ao longo dos anos (b) (IEA, 2011).....23

CAPÍTULO 2 – VIABILIDADE DE FORMAÇÃO E MANUTENÇÃO DA PALHADA E INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA NO FEIJOEIRO IRRIGADO EM SUCESSÃO À GRAMÍNEAS EM SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA

Figura 1. Trena graduada para avaliação da cobertura do solo (LAFLEN et al., 1981).....35

Figura 2. Grãos em hidratação por 12 horas antes do cozimento (a), preparo da amostra (b) e detalhe do cozedor de Mattson (c)..... 36

Figura 3. Pesagem inicial (a), imersão em água destilada (b) e leitura da água absorvida pelos grãos de feijão (c).....36

Figura 4. Desdobramento da interação referente à presença de palhada sobre o solo quando do florescimento do feijoeiro cultivar Pérola, conduzido com aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão à *B. ruziziensis* exclusiva, consórcio milho e *B. ruziziensis* e milho exclusivo, no 1º ano do sistema de semeadura direta..... 39

Figura 5. Desdobramento da interação referente à presença de palhada sobre o solo aos 30 dias após colheita de feijoeiro cultivar Pérola, conduzido com aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão à *B. ruziziensis* exclusiva, consórcio milho e *B. ruziziensis* e milho exclusivo, no 1º ano do sistema de semeadura direta..... 40

Figura 6. Desdobramento da interação referente ao teor de nitrogênio foliar total no florescimento do feijoeiro cultivar Pérola, conduzido com aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão à *B. ruziziensis* exclusiva, consórcio milho e *B. ruziziensis* e milho exclusivo, no 1º ano do sistema de semeadura direta..... 42

Figura 7. Desdobramento da interação referente ao número de vagens por planta (a) e ao número de grãos por vagem (b) de feijoeiro cultivar Pérola, conduzido com aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão à *B. ruziziensis* exclusiva, consórcio milho e *B. ruziziensis* e milho exclusivo, no 1º ano do sistema de semeadura direta.....44

Figura 8. Desdobramento da interação referente a massa de 100 grãos (a) e da produtividade de grãos (b) de feijão cultivar Pérola, conduzido com aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão à *B. ruziziensis*

exclusiva, consórcio milho e <i>B. ruziziensis</i> e milho exclusivo, no 1º ano do sistema de semeadura direta.....	45
Figura 9. Desdobramento da interação referente ao teor de proteína bruta (a), tempo para cozimento (b) e tempo para máxima hidratação (c) de grãos de feijão cultivar Pérola, conduzido com aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão à <i>B. ruziziensis</i> exclusiva, consórcio milho e <i>B. ruziziensis</i> e milho exclusivo, no 1º ano do sistema de semeadura direta.....	49
CAPÍTULO 3 – CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E VIABILIDADE ECONÔMICA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA NO FEIJOEIRO EM SUCESSÃO À GRAMÍNEAS EM SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA E SEU RESIDUAL AO MILHO	
Figura 1. Evapotranspiração de referência, precipitação pluviométrica, temperatura máxima e mínima, em decêndios, durante o período de desenvolvimento do feijoeiro. Fonte: Estação Agroclimatológica do Campus da FCAV/UNESP – Jaboticabal.....	59
Figura 2. Precipitação pluviométrica, temperatura máxima e mínima, em decêndios, ocorrida no período próximo da semeadura até a colheita do milho conduzido como cultura sucessora ao feijoeiro. Fonte: Estação Agroclimatológica do Campus da FCAV/UNESP – Jaboticabal.....	61
Figura 3. Conjunto de peneiras utilizadas para renda de beneficiamento (a), agitação do conjunto de peneiras (b) e detalhe da separação dos grãos por peneira (c).....	61
Figura 4. Marcação da 8ª folha para avaliação do número de folhas sinteticamente ativas (a) e folha com 50% do tamanho total do limbo foliar senescido (b).....	64
Figura 5. Desdobramento da interação referente à produtividade de grãos de feijão cultivar Pérola, conduzido com aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão a <i>B. ruziziensis</i> exclusiva, consórcio milho e <i>B. ruziziensis</i> e milho exclusivo, no 1º ano do sistema de semeadura direta.....	69
Figura 6. Resultados médios da classificação por peneiras de crivos oblongos de grãos de feijão cultivar Pérola, conduzido com aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão à <i>B. ruziziensis</i> exclusiva, consórcio milho e <i>B. ruziziensis</i> e milho exclusivo, no 1º ano do sistema de semeadura direta. Médias não seguidas pela mesma letra nas peneiras diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.....	72
Figura 7. Margem bruta de ganho na venda dos grãos de feijão, com base no preço médio de R\$ 55,00 a saca (60 kg) de grãos de feijão carioca vendido em Barretos/SP em novembro de 2009 (a) e de R\$ 80,00 a saca (60 kg) (b), com preço da uréia a R\$ 1.194,91 t ⁻¹ e custo da aplicação da adubação de cobertura a R\$ 30,07 ha ⁻¹ em agosto de 2009.....	77

Figura 8. Número de folhas fotossinteticamente ativas em diferentes estádios de desenvolvimento do milho, conduzido de forma consorciada com *B. ruziziensis* e exclusivo, após o feijoeiro com diferentes doses de nitrogênio em cobertura no sistema de semeadura direta em consolidação. Médias não seguidas pela mesma letra nos estádios das plantas diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de significância..... 78

Figura 9. Resultados médios da classificação por peneiras de crivos oblongos e redondos de grãos de milho, conduzido de forma consorciada com *B. ruziziensis* e exclusivo, após o feijoeiro com diferentes doses de nitrogênio em cobertura no sistema de semeadura direta em consolidação. Médias não seguidas pela mesma letra em cada peneira diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de significância..... 82

INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NO CULTIVO DO FEIJOEIRO EM SUCESSÃO AO MILHO E À BRAQUIÁRIA EM SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA

RESUMO – Objetivou-se nesse estudo avaliar o desempenho do feijoeiro em sucessão ao milho exclusivo, ao milho consorciado com *Brachiaria ruziziensis* e à *B. ruziziensis* exclusiva, na ausência e fornecimento de adubação nitrogenada em cobertura (40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de nitrogênio), cultivado no sistema de semeadura direta em implantação. O trabalho foi desenvolvido em Jaboticabal (SP), em Latossolo Vermelho eutroférico, em blocos casualizados com delineamento experimental de parcelas subdivididas e três repetições. As parcelas principais foram cultivadas com três sistemas de cultivo e as subparcelas por doses de nitrogênio em cobertura aplicadas no estágio V₄₋₄. O experimento foi conduzido na safra verão de 2008/09 e 2009/10 (milho e *B. ruziziensis*) e feijoeiro na safra inverno-primavera de 2009. A palhada de *B. ruziziensis* permite maior quantidade e manutenção da cobertura do solo no decorrer do ciclo de feijoeiro e favorece o aumento nos componentes de rendimento e na produtividade de grãos de feijão. A produtividade do feijoeiro em sucessão a *B. ruziziensis* exclusiva e em consórcio com o milho, não é influenciada pela adubação nitrogenada. O incremento de doses de nitrogênio em cobertura, de forma geral, não influencia o teor protéico, o tempo para cozimento e para máxima hidratação dos grãos de feijão, ocorrendo correlação positiva entre o teor de proteína bruta e o tempo para cozimento e negativa entre o tempo para cozimento e o tempo para máxima hidratação. A margem bruta de ganho com a venda dos grãos de feijão, na média, é melhor no sistema de cultivo utilizando o milho exclusivo. Não há influência do nitrogênio residual, aplicado no feijoeiro cultivado anteriormente, sobre o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo do milho. A presença da *B. ruziziensis* em consórcio com o milho, reduz a quantidade de proteína bruta nos grãos de milho, sem afetar a produtividade de grãos.

Palavras-chave: *Brachiaria ruziziensis*, *Phaseolus vulgaris*, *Zea mays*, doses de nitrogênio, cobertura vegetal, fertilidade do solo

INFLUENCE OF NITROGEN FERTILIZATION ON COMMON BEAN CROP IN CORN AND BRACHIARIA SUCCESSION IN NO-TILLAGE

SUMMARY – The aim of this study was to evaluate the performance of common bean in succession to exclusive corn, corn intercropped with *Brachiaria ruziziensis* and exclusive *B. ruziziensis*, in the absence and supplying of nitrogen fertilization (40, 80, 120 and 160 kg ha⁻¹ of nitrogen), grown in no-tillage in consolidation. The study was conducted in Jaboticabal (SP), in Latossolo Vermelho eutrófico, in randomized blocks with split-plot experimental design and three replications. The main plots were cultivated with three cropping systems and the subplots with nitrogen topdressing rates on stage V₄₋₄. The experiment was conducted in the 2008/09 and 2009/10 summer season (*B. ruziziensis* and corn) and the common bean in the 2009 winter-spring season. *B. ruziziensis* residues allows more quantity and maintenance ground cover during the common bean cycle and favors the increase in yield components and common bean grain yield. Common bean yield in succession to exclusive *B. ruziziensis* and intercropped with corn is not influenced by nitrogen fertilization. The increase of nitrogen topdressing rates, in general, does not influence the crude protein, the cooking time and common bean grains maximum hydration, occurring positive correlation between crude protein and cooking time and negative between cooking time and the maximum hydration time. Gross margin earned from the sale of the grains of bean, on average, is better in the culture system using corn exclusive. There is no influence of residual nitrogen, applied in common bean plants grown previously on the corn vegetative and reproductive development. *B. ruziziensis* intercropped with corn reduces the amount of crude protein in corn grains, without affecting grain yield.

Keywords: *Brachiaria ruziziensis*, *Phaseolus vulgaris*, *Zea mays*, nitrogen rates, vegetable covering, soil fertility

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

O sistema de semeadura direta e utilização de palhada de milho e braquiária no feijoeiro

No Brasil, do início da década de 1970 até a década de 1990, a adoção do sistema de semeadura direta foi incipiente, decorrente da falta de maquinários específicos, exagerada compactação do solo, controle inadequado de plantas daninhas e fitossanitário. A partir daí houve grande expansão em área (FEBRAPDP, 2011), ocupando o País o segundo lugar no mundo em área cultivada, superado apenas pelos Estados Unidos (ANGHINONI, 2007).

O sistema de semeadura direta se fundamenta na eliminação das operações de preparo do solo, uso de semeadoras específicas, controle de plantas daninhas com herbicidas, formação de cobertura morta que não se decomponha durante o ano, em quantidade elevada no solo e na rotação de culturas. Essas atividades proporcionam proteção dos agregados do solo contra os efeitos erosivos da chuva; redução da evapotranspiração e do escoamento superficial de água; aumento da agregação e da estabilidade dos agregados do solo; manutenção de temperaturas mais amenas das camadas superficiais do solo e redução ou impedimento da emergência de plântulas daninhas (FORNASIERI FILHO, 2007), o que está relacionado com o maior acúmulo de matéria orgânica na camada superficial do solo (LAL, 2009).

Atualmente, têm-se encontrado sérias limitações para a viabilização e implantação do sistema de semeadura direta na região Norte do estado de São Paulo e Central brasileira, face às dificuldades de obtenção de produções de palhada e da manutenção das mesmas na forma de relativa estabilidade sobre a superfície do solo, essenciais para a sustentabilidade do sistema. Nessas regiões há características topográficas e extensão de áreas muito favoráveis à produção agrícola, porém para a efetiva adoção do sistema de semeadura direta é necessário buscar espécies vegetais alternativas capazes de proporcionarem produção de palhada e com a capacidade de

manutenção sobre o solo, o que é influenciado pela relação Carbono/Nitrogênio (C/N) do material vegetal de palhada e pelo manejo que lhe é dado. A reduzida disponibilidade hídrica no período posterior à colheita de verão para o cultivo de plantas de cobertura, ao reduzido número de espécies que podem ser utilizadas, associadas às altas temperaturas, aumentam as dificuldades de se manter o sistema (TORRES et al., 2008).

Para tentar contornar esse problema, nos sistemas de cultivo no Cerrado brasileiro, geralmente utiliza-se o milho safrinha após soja precoce ou semi-precoce, com uso consorciado de milho e espécies forrageiras tropicais adaptadas ao clima, principalmente do gênero *Brachiaria* spp., visando à produção de palhada para a semeadura direta (LOPES et al., 2004). As *Brachiaria* spp. estão adaptadas à região Central brasileira, pois desenvolvem-se em solos de baixa a média fertilidade, suportam períodos de seca, possuem longevidade com alta produção de palhada de alta relação C/N mantendo por mais tempo a cobertura morta sobre o solo (KLUTHCOUSKI & STONE, 2003).

Deve-se destacar que o emprego de braquiárias como cobertura morta no desenvolvimento do feijoeiro é proveniente de tecnologia difundida pela Embrapa/Arroz e Feijão e colaboradores, caracterizado como Sistema Santa Fé. Esse sistema fundamenta-se na produção consorciada com culturas de grãos (milho, sorgo, arroz de terras altas e soja) com forrageiras, principalmente as do gênero *Brachiaria* spp. Assim, cultivam-se seqüencialmente uma ou duas culturas solteiras por ano e uma última, a safrinha, que consiste em consórcio de uma cultura de ciclo precoce com uma gramínea forrageira (LEMOS & FARINELLI, 2008).

A relação C/N é bastante variável entre as palhadas de cobertura o solo. Nas leguminosas essa relação está compreendida entre 20/1 e 30/1 e mesmo 32/1, no caso do feijoeiro (KIEHL, 2001); nas palhada de gramíneas entre 50/1 e 200/1. SILVA et al., (2009) citam que a palhada do milho pode ter uma relação de até 71/1 ao final de seu ciclo. LOPES et al. (2004) atribuem a fácil decomposição de palhadas com relação C/N da ordem de 15 a 20/1, por as mesmas facilitarem o crescimento da população microbiana decompositora presente no solo. Em material com relação C/N superior a

30/1, se limita o crescimento da população microbiana, que apresenta, em média, relação C/N de 10/1. Assim sendo, a imobilização de N presente no solo ocorre quando a relação C/N for acima de 30/1 e a mineralização é favorecida na palhada com relação C/N abaixo de 20/1, até tornar-se relativamente estável em torno de 10/1, ou seja, a palhada está convertida em húmus.

Contudo, AIDAR et al. (2000) avaliaram cinco diferentes fontes de resíduo para cobertura morta, antes e após a colheita do feijoeiro, cultivar Pérola, além do desempenho produtivo. Verificaram que a palhada de braquiária, associada aos restos culturais do milho, ultrapassou 16 t ha⁻¹ de matéria seca, mantendo-se suficiente para a proteção do solo por mais de 107 dias. De forma geral, a produtividade do feijoeiro foi elevada, ficando acima de 3.500 kg ha⁻¹.

Em outro trabalho, AIDAR et al. (2005) avaliaram a produtividade do feijoeiro, cultivar Pérola, após o cultivo de soja, arroz e milho + braquiária (consórcio), em Santa Helena de Goiás (GO), em área com o sistema de semeadura direta por mais de 15 anos, onde se pratica intensamente a integração lavoura-pecuária, por meio do Sistema Santa Fé. Verificaram que a produtividade do feijoeiro foi maior quando cultivado sob palhada de milho + braquiária, sendo esta superioridade da ordem de 664 e 381 kg ha⁻¹ em comparação às palhadas de arroz e soja, respectivamente, proporcionando também elevado número de vagens por planta.

CARVALHO et al. (2007) avaliaram a produtividade do feijoeiro, cultivares IAC Carioca e Pérola, semeados na época de inverno em Selvíria (MS) nos anos de 1998 e 1999 em função de plantas de cobertura de primavera (mucuna preta, guandu, milheto, crotalária e pousio) e culturas antecessoras no verão (milho, soja e algodão), tanto no sistema convencional de manejo do solo quanto no sistema de semeadura direta. Os autores verificaram que a sucessão de culturas teve influência na produtividade nos dois anos com os menores valores no cultivo do feijoeiro após o milho. Ainda relataram a ocorrência de plantas de feijão com amarelecimento, sintoma típico de deficiência de nitrogênio, onde destacaram a importância do estudo desse nutriente para o feijoeiro em relação às espécies de plantas de cobertura empregadas em sucessão a cultura.

A dinâmica do nitrogênio (N) no solo e na planta

O manejo para alta eficiência da adubação nitrogenada no sistema de semeadura direta é complexo em função dos vários fatores que interagem na dinâmica do N no sistema solo-planta-atmosfera. Fatores como anos de adoção da semeadura direta, teor de matéria orgânica, estoque de N acumulado, intensidade pluviométrica, tipos de rotação e/ou sucessão de culturas, tipos e quantidade de resteva presente, e, sobretudo, a existência de pequeno número de experimentos de campo de longa duração, envolvendo a adubação nitrogenada no sistema de semeadura direta, à exceção da Região Sul do Brasil, não permitem a adoção de regras gerais aplicáveis às diversas situações de solos, clima e culturas onde esse sistema é praticado (LOPES et al., 2004).

A atmosfera contém grandes quantidades no ar (cerca de 78% por volume) de N molecular (N_2), que não estão diretamente disponíveis para os seres vivos assimilarem-no. A obtenção do N atmosférico requer a quebra de uma ligação tripla covalente de excepcional estabilidade, entre os dois átomos de N ($N \equiv N$) para produzir amônia (NH_3) ou nitrato (NO_3^-). Tais reações, conhecidas como fixação do N_2 , podem ser obtidas por processo industrial e natural (TAIZ & ZEIGER, 2004).

A permanência do N no sistema se dá na forma de sais de amônio e nitratos, oriundos da precipitação pluviométrica, através dos relâmpagos, cuja elevada energia separa as moléculas de N_2 e permite que os seus átomos se liguem com moléculas de oxigênio existentes no ar formando monóxido de N (NO); fixação do N, tanto industrial quanto biologicamente (CANTARELLA, 2007a); e de reações fotoquímicas entre o monóxido de N (NO) e o ozônio (O_3), produzindo o ácido nítrico (HNO_3).

Dentre os adubos nitrogenados gerados pela fixação industrial, a uréia ($CO(NH_2)_2$) é o principal fertilizante sólido no mercado mundial. Além disso, apresenta a maior concentração de N por kg do nutriente adquirido, havendo clara preferência da indústria pela sua fabricação em comparação com outras fontes sólidas, como sulfato de amônio ou nitrato de amônio, devido ao menor custo e maior facilidade de produção (CANTARELLA, 2007b).

No entanto, a uréia apresenta potencial de perda de N-NH₃, por volatilização. Em um primeiro momento, até cerca de cinco dias após a aplicação, o fertilizante passa por hidrólise enzimática liberando N-NH₄⁺, através da reação: $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{urease}} 2\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{CO}_3$, consumindo prótons (H⁺) e provocando a elevação no pH ao redor das partículas. Com o pH alto ao redor das partículas e com uma adubação de cobertura no sistema de semeadura direta mal realizada, ocorre perda de N-NH₃ para a atmosfera pela passagem do N-NH₄⁺ para N-NH₃: $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \longrightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$. Porém, se ocorrer precipitação pluviométrica ou uma lâmina de água por irrigação maior que 15 mm, há incorporação da uréia no solo, reduzindo drasticamente as perdas por N-NH₃, chegando a valores quase nulos (LOPES et al., 2004). Num segundo momento, o pH ao redor das partículas se reduz, deixando o ambiente mais ácido do que estava antes da adubação nitrogenada. Isso é devido ao processo acidificante da reação de nitrificação do N-NH₄⁺, que se constitui na oxidação do N-NH₄⁺, mediado, predominantemente, por bactérias do gênero *Nitrosomonas* spp.: $2\text{NH}_4^+ + 3\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{NO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{H}^+ + 65 \text{ kcal}$. Após essa reação, as bactérias do gênero *Nitrobacter* spp. transformam N-NO₂⁻ a NO₃⁻: $2\text{NO}_2^- + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{NO}_3^- + 18 \text{ kcal}$, o qual, em meio aeróbico, é o produto final do processo, sendo também um agravante na perda de N do sistema solo-planta, pois esse N-NO₃⁻ não é adsorvido pelos minerais de argila por ser um ânion, portanto, tende a ser lixiviado (CANTARELLA, 2007a).

Outras formas de perda de N podem ser através da desnitrificação, resultado da redução de nitrato em nitrito (NO₂⁻) e em gases nitrogenados (NO, N₂O, N₂) por bactérias originárias do solo (*Pseudomonas* spp.), principalmente em ambiente anaeróbico, e por imobilização biológica com a diminuição da disponibilidade de N na solução do solo, principalmente no sistema de semeadura direta. Segundo BARBOSA FILHO et al. (2004), as perdas por volatilização após a aplicação da uréia também podem ser minimizadas pela absorção de N-NH₃ pelas folhas inferiores quando da cobertura da superfície do solo pelas plantas, formando uma atmosfera rica em N abaixo do dossel.

Após a absorção do N, há diversas reações no interior da planta para que seja efetivamente incorporado nos grãos. De forma geral, as plantas anuais absorvem e

transportam NO_3^- pelos seus tecidos, apesar da absorção de N poder ser na forma de N_2 (fixação biológica), aminoácidos, uréia, NH_4^+ e NO_3^- . Sua transformação em NH_4^+ ocorre principalmente na parte aérea, pela grande concentração da enzima redutase nas folhas, passando a HNO_2 no citoplasma das células pela ação da redutase nitrato e a NH_3 no cloroplasto pela ação da redutase nitrito. Em quase total maioria, as plantas apresentam baixa tolerância ao N- NH_3 , necessitando ser prontamente incorporado, formando o primeiro composto orgânico nitrogenado na planta, ácido glutâmico, o qual gera principalmente aminoácidos, o qual faz parte de proteínas, enzimas, ácidos nucléicos e outros compostos, entre eles a clorofila. Se, por qualquer motivo, o processo de absorção e/ou transporte for interrompido, poderá ocorrer a redistribuição do N no interior da planta através de aminoácidos que apresentam alta mobilidade (asparagina), ou seja, a planta tem a capacidade de mobilizar o N presente na folha velha para uma folha nova ou outro órgão em crescimento que apresenta alta demanda desse nutriente (PRADO, 2008).

Com a deficiência de N, ocorrerá amarelecimento nas folhas mais velhas por falta de clorofila, que deixa de ser sintetizada, ou é degradada para liberação do N para suprir a deficiência nas folhas mais novas, agravando-se o amarelecimento em todas as folhas, seguida de necrose. O excesso de N causa desequilíbrio da relação raiz/parte aérea, causando acamamento, perda na resistência a períodos secos, folhagem abundante e atraso na maturação (PRADO, 2008).

Manejo da adubação nitrogenada no feijoeiro

O N é um dos principais fatores limitantes da produtividade das culturas nos solos tropicais. A acentuada dinâmica apresentada por esse nutriente, seu potencial poluidor e o elevado custo fazem com que sejam necessárias alternativas que minimizem a aplicação desse insumo e prolonguem sua disponibilidade no solo para as plantas (NÓBREGA & NÓBREGA, 2003). O seu uso racional proporciona altas

produtividades, desde que este nutriente seja colocado à disposição da planta em quantidade, tempo e locais adequados (SANTOS et al., 2003).

Apesar de o feijoeiro ser considerado fixador do N_2 atmosférico, através do processo de simbiose com o *Rhizobium* spp., há a necessidade da aplicação de adubação nitrogenada para a cultura, especialmente quando cultivado após gramíneas (AMBROSANO et al., 1997). As cultivares de feijoeiro IAC Carioca e Pérola, cultivadas na época de inverno em Selvíria (MS) conduzidas sobre diferentes palhadas, apresentaram produtividade de grãos 22,1% superior na de soja em relação à de milho, o que estaria relacionada com a menor relação C/N e a fixação biológica que a soja apresenta (CARVALHO et al., 2007).

PELEGRIN et al. (2009), trabalhando com inoculação de *Rhizobium tropici* em sementes de feijão cultivar Pérola e doses de N em semeadura e em cobertura, constataram que somente com a inoculação a produtividade de grãos de feijão foi equivalente à aplicação de 80 kg ha^{-1} de N mineral; quando em conjunto com a adubação de 20 kg ha^{-1} de N mineral na semeadura, a produtividade foi estatisticamente semelhante à dose de 160 kg ha^{-1} de N mineral (20 kg ha^{-1} na semeadura, 70 kg ha^{-1} aos 20 DAE e 70 kg ha^{-1} aos 40 DAE).

Utilizando doses de N (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha^{-1} , N-uréia) aplicadas em duas épocas da fase vegetativa (terceira e sexta folha trifoliolada) do feijoeiro de inverno em 2005, nas cultivares Pérola e IPR Juriti, em sistema de semeadura direta sobre palhada de milho, milheto e *B. brizantha*, GOMES JUNIOR et al. (2008) não observaram influência da época de aplicação da adubação em cobertura na produtividade do feijoeiro, porém a produtividade aumentou linearmente com as doses de N no cultivo realizado sobre palhada de milho para as duas cultivares.

FARINELLI et al. (2006), em estudo com feijoeiro cultivar Pérola, semeado em 18/12/03, sob sucessão a aveia preta e milheto, relata que houve resposta linear para as doses de N (0 até 160 kg ha^{-1} de N) no SPD, e quadrática no preparo convencional, onde somente seria alcançada a máxima produtividade com a aplicação de 185 kg ha^{-1} de N em cobertura.

ARF et al. (2008) em cultivo de feijoeiro irrigado em sistema de semeadura direta, verificaram no segundo ano de experimentação (2005) 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 ha⁻¹), onde os dados ajustaram-se à uma função linear, com aumento de 5,62 kg de grãos de feijão para cada kg de N aplicado em cobertura e a dose de 125 kg ha⁻¹ de N proporcionou incremento de 796 kg ha⁻¹ em relação a testemunha sem aplicação, ou seja, 57% de aumento na produtividade.

Comportamento agroeconômico do feijoeiro

Apesar da forte concorrência de produtos mais voltados para o mercado externo, o feijoeiro ocupa posição de destaque no agronegócio brasileiro. No período de 1997 a 2006, respondeu por 3,2% do total de grãos produzidos no País, ficando atrás da soja (42,1%), milho (39,3%), arroz (11,7%) e trigo (3,7%) (DIEESE, 2008).

Os estados do Paraná, Minas Gerais, Bahia e São Paulo são os principais produtores de grãos de feijão, e estão gradativamente, no decorrer dos anos, aumentando a produtividade, reflexo da utilização de tecnologias de cultivo mais adequadas. Nos estados de São Paulo e Minas Gerais isto ocorre, em especial, como consequência do incremento da área de cultivo no período de inverno (outono-inverno) sob irrigação, com produtividades médias na ordem de 2.000 kg ha⁻¹ em sistema de semeadura direta (CONAB, 2011a).

A produção nacional de grãos de feijão na safra 2010-2011 está estimada em 3.713,4 milhões de toneladas, das quais 1.655,5, 1.253,7 e 804,2 milhões são devidas respectivamente, ao feijoeiro de 1^a safra, de 2^a e de 3^a safra. A área total de cultivo estimada é de 3.885,3 milhões de hectares, com produtividade média de 956 kg ha⁻¹; entretanto, as produtividades médias obtidas nas 1^a, 2^a e 3^a safras são, respectivamente, de 1.141, 764 e 1.014 kg ha⁻¹ (CONAB, 2011a).

Segundo FERREIRA et al. (2002), o índice médio mensal de distribuição de colheita do feijoeiro comum no Brasil é muito dinâmico. No período de fevereiro a julho

ocorrem colheitas com índices próximos à média de 8% ao mês; no período de setembro a novembro, os índices são representados por 2,7% do total colhido durante o ano por mês. No período de dezembro a agosto colhe-se cerca de 92% do total produzido no ano e no período de entressafra – setembro a novembro – colhe-se cerca de 8%.

Em função disso, o preço da saca (60 kg) de grãos aumenta naqueles períodos onde não se tem um grande volume de colheita, instigando a sua produção na entressafra. Os estoques nacionais do grão estão estimados em 147,1 milhões toneladas (CONAB, 2011b), 3,79% do total previsto a ser colhido no País (3.885,3 milhões de toneladas) na safra 2010/11 (CONAB, 2011a), fazendo que qualquer intempérie que ocorra durante as safras, principalmente em função do clima, influencie significativamente nos preços durante os anos (Figura 1).

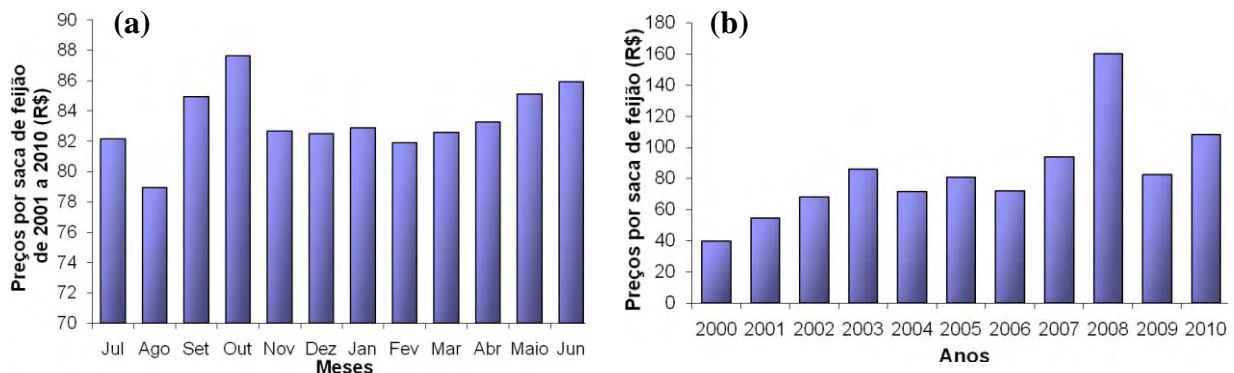


Figura 1. Preço médio recebido pelos agricultores do estado de São Paulo por saca (60 kg) produzida de grãos de feijão nos meses (a) e ao longo dos anos (b) (IEA, 2011).

Características nutricionais e tecnológicas de grãos de feijão

Em relação à questão alimentar e nutricional da população brasileira, os grãos de feijão constituem importante fonte protéica, energética e de fibras, além da presença de vitaminas do complexo B (BORÉM & CARNEIRO, 2006).

Com o crescente aumento da melhoria da qualidade de vida observada no País e da redução do tempo disponível para as atividades domésticas, estão ocorrendo

mudanças nos hábitos alimentares, com a troca dos alimentos considerados convencionais, por alimentos pré-processados. Essas mudanças estão ocasionando a redução do consumo *per capita* dos grãos de feijão. Ao longo dos últimos 40 anos, o consumo apresenta uma tendência decrescente da ordem de 1,3% ao ano, enquanto a população cresceu 2,2%. Porém, o decréscimo não ocorre de forma contínua, existindo oscilações entre os anos (FERREIRA et al., 2002).

Quanto aos aspectos nutricionais e funcionais, as proteínas dos grãos de feijão são ricas em lisina e triptofano, mas pobres nos aminoácidos sulfurados metionina e cisteína. Por outro lado, os cereais são pobres principalmente em lisina, mas apresentam altos teores de aminoácidos sulfurados, tornando o tradicional arroz com feijão complementares um ao outro. Entretanto, com o uso adequado de fertilizantes, especialmente dos nitrogenados, pode-se alterar quali-quantitativamente o valor protéico dos grãos de feijão. CARELLI et al. (1982) obtiveram incrementos lineares com a adubação nitrogenada em cobertura nas cultivares Aroana, Carioca, Rosinha e Rico-23, obtendo acréscimos de 8,1% a 18,6% no teor de proteína dos grãos nas doses aplicadas de 50 a 100 kg ha⁻¹ de N, respectivamente, em relação ao tratamento testemunha. Porém, em relação à composição de aminoácidos totais (livres + protéicos), observaram que a aplicação de N em doses crescentes, não determinou variações quantitativas nos teores de 14 dos 15 aminoácidos avaliados. A única exceção foi o ácido glutâmico, uma das portas de entrada do N reduzido no metabolismo celular. Já CARELLI et al. (1981), em experimento a campo, verificaram aumento de 0,64% no teor de N total em sementes da cultivar Aroana quando aplicado 50 kg ha⁻¹ de N e 1,09% quando aplicado 100 kg ha⁻¹ de N em cobertura, com aumento nos teores de lisina, cistina e leucina nas sementes, enquanto os valores de valina, treonina e metionina diminuíram, dentre 16 aminoácidos estudados.

Pesquisas recentes estão buscando relacionar a eventual melhoria da qualidade dos grãos pós-colheitas com as novas tecnologias lançadas para os mais diversos sistemas de cultivo. FARINELLI & LEMOS (2010), avaliaram a influência da adubação nitrogenada em cobertura (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N) no feijoeiro cultivar Pérola, cultivado no preparo convencional do solo e em semeadura direta e suas relações com

as características nutricionais e tecnológicas do grão. Verificaram haver aumento do teor de proteína bruta com o uso de doses crescentes de N em ambos os sistemas (semeadura direta e preparo convencional do solo); o tempo para cozimento dos grãos diminuiu com o incremento das doses de N empregadas no sistema de semeadura direta ; há aumento no tempo para a máxima hidratação dos grãos com a aplicação de até 120 kg ha⁻¹ de N. Por sua vez, SILVA et al. (2006), ao avaliarem a influência da adubação com N em cobertura (0, 30, 60 e 120 kg ha⁻¹) na produtividade e nas características tecnológicas dos grãos de feijão da cultivar Pérola no sistema de semeadura direta, observaram que a adubação nitrogenada não influenciou na produtividade. O tempo de cozimento aumentou linearmente com as crescentes doses de N, o que foi atribuído ao aumento do teor de proteína nos grãos, de 21,5% na ausência da adubação nitrogenada e 24,5% para a dose de 120 kg ha⁻¹, provavelmente por a molécula da proteína apresentar características hidrofílicas e necessitar maior tempo para sua desnaturação.

Considerações básicas sobre o trabalho experimental

Foram desenvolvidos três sistemas de formação de palhada antecedendo a semeadura e cultivo do feijoeiro irrigado (agosto a novembro) representados por milho exclusivo, milho consorciado com *B. ruziziensis* e *B. ruziziensis* cultivados no verão (“nas águas”) visando obter informações técnicas que possibilitem a obtenção de palhada compatível com adoção do sistema de semeadura direta para regiões de verão quente e inverno seco, como ocorre na região Norte paulista e na região do Cerrado.

O experimento foi realizado em três etapas, sendo que na primeira foi realizada a implantação das culturas antecessoras no período de verão para a formação da palhada e possibilitar o sistema de semeadura direta do feijoeiro na segunda etapa em agosto. Na terceira etapa do trabalho foram avaliados os eventuais efeitos residuais da adubação nitrogenada de cobertura realizada no feijoeiro sobre componentes agrônômicos do milho 1ª safra.

Objetivos

O objetivo geral do projeto de pesquisa foi avaliar o desempenho do feijoeiro em sucessão a sistemas de produção de palhada com gramíneas, utilizando adubação nitrogenada em cobertura na leguminosa.

Quanto aos objetivos específicos, no trabalho de pesquisa foram avaliados o comportamento e a influência da palhada resultante das culturas antecessoras ao feijoeiro, no seu desempenho agrônomo, produtivo e características nutricionais e tecnológicas dos grãos de feijão, na ausência e na presença de doses crescentes de adubo nitrogenado em cobertura. Também foi avaliada a eficiência agrônoma do N aplicado em cobertura; o rendimento dos grãos em peneiras comerciais; a margem bruta de ganho na venda dos grãos de feijão; alterações na fertilidade do solo e o efeito residual da adubação nitrogenada aplicada no feijoeiro sobre o comportamento agrônomo do milho.

REFERÊNCIAS

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

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. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 2.ed, n.100, p.194-195, 1997. Boletim Técnico.

ANGHINONI, I. Fertilidade do solo e seu manejo em sistema plantio direto. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V.V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.) **Fertilidade do solo**. SBCS, p.874-928, 2007.

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

BARBOSA FILHO, M.P.; FAGERIA, N.K., SILVA, O.F. Fontes e métodos de aplicação de nitrogênio em feijoeiro irrigado submetido a três níveis de acidez do solo. **Ciência e Agrotecnologia**, v.28, p.785-792, 2004.

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

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.) **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, p.375-470, 2007a.

CANTARELLA, H. Uso de inibidor da urease para aumentar a eficiência da uréia. In: YAMADA, T. e ABDALLA, S.R.S. Informações recentes para otimização da produção agrícola. **Informações Agronômicas**, n.117. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute. p.1-4. 2007b.

CARELLI, M.L.C.; FAHL, J.I.; CROCOMO, O.J. Níveis de nitrogênio na produção, no teor de proteína e na composição de aminoácidos, em sementes de variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista de Agricultura**, v.5, p.39-47, 1982.

CARELLI, M.L.C.; FAHL, J.I.; TEIXEIRA, J.P.F. Efeito do nitrogênio no teor de proteína bruta e composição em aminoácidos em sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.16, p.795-799, 1981.

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

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Séries históricas**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=2>>. Acesso em: 02/04/11a.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Séries históricas dos estoques públicos**. Disponível em: <<http://consultaweb.conab.gov.br/xfacweb-consultas/>>. Acesso em: 02/04/11b.

DIEESE - Departamento intersindical de estatística e estudos socioeconômicos. **Estatísticas do meio rural**, 3.ed., p.241, 2008.

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**, v.41, p.307-312, 2006.

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

FEBRAPDP – Federação brasileira de plantio direto na palha. **Evolução da área de plantio direto no Brasil**. Disponível em: <http://www.febrapdp.org.br/download/ev_plantio_brasil.pdf>. Acesso em: 18/01/11.

FERREIRA, C.M.; DEL PELOSO, M.J.; FARIA, L.C. **Feijão na economia nacional**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa-CNPAF, 2002. 47p. (Documentos, 135).

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

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

IEA – Instituto de economia agrícola. **Preços médios mensais recebidos pelos agricultores**. Disponível em <http://ciagri.iea.sp.gov.br/bancoiea/precos_medios.aspx?cod_sis=2>. Acesso em: 18/01/2011.

KIEHL, E.J. Produção de composto e vermicomposto. **Informe Agropecuário**. v.22, p.40-52, 2001.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F. Desempenho de culturas anuais sobre palhada de braquiária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, p.501-522, 2003.

LAL, R. Challenges and opportunities in soil organic matter research. **European Journal of Soil Science**, v.60, p.158–169, 2009.

LEMONS, L.B. ; FARINELLI, R. Rotação do feijoeiro em sistemas de produção agrícolas. **Documentos IAC**, v.1, p.1693-1733, 2008.

LOPES, A.S; WIETHOLTER, S.; GUILHERME, L.R.G.; SILVA, C.A.S. **Sistema plantio direto**: Bases para o manejo da fertilidade do solo. São Paulo, ANDA, 2004. 110p.

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**, v.24, p.64-72, 2003.

PELEGRIN, R.; MERCANTE, F.M.; OTSUBO, I.M.N.; OTSUBO, A.A. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbium. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.219-226, 2009.

PRADO, R., M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora UNESP, p.83-120. 2008.

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**, v.38, p.1265-1271, 2003.

SILVA, P.C.G.; FOLONI, J.S.S.; FABRIS, L.B.; TIRITAN, C.S. Fitomassa e relação C/N em consórcios de sorgo e milho com espécies de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1504-1512, 2009.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3ed. Porto Alegre: Artmed, p.285-307, 2004.

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**, v.43, p.421-428, 2008.

CAPÍTULO 2 – VIABILIDADE DE FORMAÇÃO E MANUTENÇÃO DA PALHADA E INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA NO FEIJOEIRO IRRIGADO EM SUCESSÃO À GRAMÍNEAS EM SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA

RESUMO – A adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro irrigado cultivado em sucessão a plantas produtoras de palhada com elevada relação C/N é fundamental para aumentar a produtividade de grãos e a qualidade nutricional e tecnológica do produto final. Objetivou-se, neste trabalho, inicialmente, verificar a viabilidade de formação e manutenção de palhada sobre o solo para Jaboticabal-SP, com clima Aw. A seguir realizou-se a avaliação da influência da palhada e da adubação nitrogenada aplicada em cobertura no feijoeiro irrigado cultivado em sucessão, no desempenho agrônomo e nas características nutricionais e tecnológicas dos grãos. O delineamento experimental utilizado no feijoeiro de inverno-primavera foi de parcelas subdivididas, com três repetições, dispostos em blocos casualizados. As parcelas principais foram representadas por três sistemas de produção de palhada (milho exclusivo, milho consorciado com *Brachiaria ruziziensis* e *B. ruziziensis* exclusiva) e as subparcelas, por doses de nitrogênio em cobertura no estágio V₄₋₄. Os resultados obtidos permitiram verificar que a palhada de *B. ruziziensis* proporciona maior quantidade e manutenção da cobertura do solo e favorece o aumento nos componentes de rendimento e na produtividade de grãos. Os componentes de rendimento do feijoeiro são influenciados pela adubação nitrogenada, dependendo do sistema de cultivo. O feijoeiro, em sucessão ao milho exclusivo, responde ao incremento de doses de nitrogênio. O teor protéico e o tempo para máxima hidratação dos grãos não são influenciados pelo incremento de doses de nitrogênio, ocorrendo correlação positiva entre o teor de proteína bruta e o tempo para cozimento e este negativamente com o tempo para máxima hidratação. Os grãos de feijão, oriundos do sistema de cultivo em sucessão a palhada de *B. ruziziensis* exclusiva, necessitam maior tempo para hidratação.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, *Zea mays*, *Brachiaria ruziziensis*, componentes do rendimento, produtividade de grãos, tecnologia de grãos.

Introdução

Na região Norte do Estado de São Paulo, o feijoeiro irrigado de inverno, teve elevada importância econômica até finais do século XX, sendo cultivada no período de outono-inverno com irrigação por aspersão em solos manejados fisicamente da forma convencional (arações e gradagens) em sucessão às culturas produtoras de grãos (milho e soja). Nesse período observaram-se crescentes reduções na produtividade com o passar dos anos de cultivo, em razão da degradação física e biológica do solo proporcionado pelo sistema convencional de preparo físico, da diminuição da matéria orgânica devido ao reduzido aporte de carbono e intensa mineralização microbiana, associados ao incremento crescente de patógenos como nematóides e fungos; em especial, dos causadores do mofo-branco e podridões radiculares (FERRAZ et al., 1999).

Com o crescente sucesso do sistema de semeadura direta, em especial na região Sul do Brasil e no Sudeste paulista, os agricultores da região Norte paulista, bem como pesquisadores de órgãos públicos, têm procurado alternativas de sistemas de cultivo que privilegiem a produção e manutenção de palhada sobre o solo, numa região que se caracteriza por ser quente e chuvosa no verão e seca e quente no inverno (clima Aw). Com isso, busca-se elevar o teor de matéria orgânica do solo, que depende fundamentalmente da quantidade de matéria seca produzida pela rotação de culturas, contribuindo para a recuperação física (SILVA & MIELNICZUK, 1997), química (TORRES et al., 2005) e biológica (SILVA et al., 2009) do solo.

A utilização de gramíneas produtoras de elevadas quantidades de palhada com alta relação C/N e sistema radicular capaz de explorar em profundidade o perfil do solo, possibilita maior uniformidade na distribuição de nutrientes no perfil do solo quando decompostas (SILVA & MIELNICZUK, 1997), além de possuir raízes com ação agregadora das partículas do solo, estabilizando-as com o próprio exsudado (SILVA & MENDONÇA, 2007).

Quando a semeadura é realizada no sistema de semeadura direta, sobre grandes quantidades de palhada com elevada relação C/N deixados na superfície do

solo pelas culturas antecessoras, observa-se acentuada resposta ao uso da adubação nitrogenada no desempenho produtivo e no teor protéico dos grãos de feijão (GOMES JUNIOR & SÁ, 2010). Isto ocorre devido ao comprometimento da quantidade de N disponível para a cultura em sucessão, por imobilização do N mineral pela biomassa microbiana mineralizadora presente no solo. FARINELLI & LEMOS (2010), em Botucatu/SP, utilizando feijoeiro cultivar Pérola nos sistemas de semeadura convencional e direta, na ausência e presença de doses de N em cobertura (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹), verificaram que a produtividade de grãos da cultura no sistema de semeadura direta aumentou linearmente com o uso do nutriente, enquanto que na semeadura convencional a maior produtividade foi obtida com o fornecimento de 185 kg ha⁻¹ de N. Isso pode ser um indicativo de que a recomendação nos primeiros anos da instalação do sistema de semeadura direta tende a ser maior em relação ao sistema convencional com revolvimento do solo.

ARF et al. (2008), avaliando os componentes da produção e a produtividade do feijoeiro de inverno, cultivar Pérola, cultivado em sistema de semeadura direta, verificaram que o único componente produtivo influenciado pela adubação nitrogenada em cobertura (doses de 0 a 125 kg ha⁻¹ de N) foi o número de vagens por planta.

Em função do disposto, o objetivo do presente trabalho foi verificar a viabilidade de formação e manutenção de palhada para região com clima Aw e a influência da adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro irrigado (inverno-primavera) cultivado em sucessão a diferentes palhadas de gramíneas com elevada relação C/N, nos componentes de rendimento e produtividade de grãos e nas características nutricionais e tecnológicas dos grãos de feijão, no primeiro ano de implantação do sistema de semeadura direta.

Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido em Jaboticabal-SP, situado 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 do tipo Aw, tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, em Latossolo Vermelho Eutroférico possuindo em média 533 g kg^{-1} de argila, 193 g kg^{-1} de silte e 274 g kg^{-1} de areia, caracterizando-se como textura muito argilosa e relevo com declividade de 6%, caracterizando-se como suave ondulado, cultivado anteriormente por no mínimo 15 anos com culturas anuais no sistema de semeadura convencional de manejo físico do solo, com alguns períodos de pousio na área.

Antes da instalação do experimento procedeu-se a retirada de amostras de terra para fins de análise da fertilidade do solo na camada 0-0,2 metros, obtendo-se valores de pH (CaCl_2): 5,2; M.O. (g dm^{-3}): 21; P resina (mg dm^{-3}): 56; H + Al; K; Ca; Mg; SB; CTC ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$): 25; 4,4; 24; 10; 38,4; 63,4 e V: 61%. A seguir realizou-se a escarificação da área, seguida de aração com arado de discos e duas passagens de grade niveladora. Procedeu-se o cultivo das espécies para cobertura do solo representadas por milho cultivado exclusivamente (milho para produção de grãos), consórcio com milho e *Brachiaria ruziziensis* e *B. ruziziensis* cultivada exclusivamente.

Para isso foi utilizado o híbrido simples DKB 390, com semeadura mecânica realizada no dia 19/11/2008, na densidade populacional estimada de 60.000 plantas por ha, com linhas espaçadas a 0,9 metros. A adubação de semeadura foi constituída de 20 kg ha^{-1} de N, 50 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 50 kg ha^{-1} de K_2O (250 kg ha^{-1} da fórmula 8-20-20); em cobertura foram utilizados 140 kg ha^{-1} de N (na forma de uréia), realizada quando o milho atingiu o estágio V_6 , levando-se em consideração as características químicas do solo e as recomendações de RAIJ & CANTARELLA (1997), seguida da aplicação de 15 mm de água.

No consórcio com milho e *B. ruziziensis*, o milho foi instalada nos mesmos procedimentos já citados, efetuando a semeadura da *B. ruziziensis* na densidade de 500 pontos de valor cultural ha^{-1} , logo após a adubação nitrogenada do milho (15/12/08), na proporção de duas linhas a cada entre linha do milho.

A utilização da *B. ruziziensis* foi perante algumas características favoráveis que essa espécie possui para sua utilização em sistemas de cultivo. Pode-se destacar sua maior eficiência na cobertura da superfície do solo, resultando em melhor 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 e maior capacidade de supressão física das plantas daninhas, podendo reduzir ou até mesmo tornar desnecessário o uso de herbicidas pós-emergentes. A forrageira foi semeada de forma exclusiva, mecanicamente, em linhas espaçadas 0,22 metros entre si, com 500 pontos de valor cultural ha^{-1} , em 15/12/08, sem a aplicação de fertilizantes.

A colheita do milho, exclusivo e consorciado, foi realizada mecanicamente em 09/04/09 e a área mantida em repouso até o momento das operações de manejo para dessecação com o herbicida não seletivo glifosato (1.800 g ha^{-1} de equivalente ácido), efetuada aos 30 dias antes da semeadura do feijoeiro.

O delineamento experimental foi de parcelas subdivididas, com três repetições, dispostos em blocos casualizados. As parcelas foram representadas por três sistemas de cultivo (milho exclusivo, milho consorciado com *B. ruziziensis* e *B. ruziziensis* exclusiva) antecedendo o feijoeiro. As subparcelas foram formadas por cinco doses de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha^{-1} de N), utilizando a uréia no estágio de desenvolvimento V_{4-4} (50% das plantas com quatro trifólios completamente expandidos), aplicando-a dez centímetros ao lado da linha de semeadura, tendo ocorrido precipitação pluviométrica de 31 mm após seis horas da adubação. Cada subparcela foi composta por dez linhas de feijoeiro espaçadas a 0,45 metros e com cinco metros de comprimento, desprezando-se as linhas externas e 0,5 metros em cada extremidade.

A cultivar do feijoeiro foi Pérola, semeada diretamente sobre a palhada de milho e de *B. ruziziensis* no dia 03/08/09, à densidade populacional estimada de 12 sementes por metro, equivalente a 266.000 plantas por ha. As sementes foram previamente tratadas com os produtos carbendazim + tiram (45 g e 105 g de i.a. por 100 kg de sementes, respectivamente) e tiametoxam (140 g do princípio ativo por 100 kg de sementes).

A adubação de semeadura foi de 200 kg ha^{-1} do formulado 5-15-10, levando-se em consideração as características químicas do solo e a taxa de extração de nutrientes pelas culturas anteriores. A irrigação da área foi realizada com sistema tipo aspersão convencional, cujo manejo foi baseado no método do tanque “Classe A” parametrizado

pela FAO (ALLEN et al., 1998), por meio do balanço hídrico climatológico simplificado (LOPES et al., 2004). O controle das plantas invasoras foi efetuado mediante a utilização do herbicida pós-emergente a base de fluazifop-p-butil ($0,15 \text{ kg ha}^{-1}$ de i.a.) e preventivamente efetuou-se o controle das doenças fúngicas com produtos registrados.

A colheita do feijoeiro foi realizada com arranquio manual seguida de trilha mecanizada utilizando colhedora de parcela no dia 06/11/09, quando as plantas encontravam-se com hastes desfolhadas e 90% das vagens secas.

No decorrer do período experimental foram realizadas as seguintes avaliações:

a) determinação da massa seca da palhada presente como cobertura do solo e da porcentagem de cobertura do solo aos dez dias antes da semeadura do feijoeiro, no florescimento pleno e aos 30 dias após a colheita da leguminosa. Para isso foi utilizado quadro de madeira com dimensões internas de $0,5 \times 0,5\text{m}$, sendo as amostras colhidas submetidas à lavagem e secas em estufa de ventilação forçada de ar a $65\text{-}70^\circ\text{C}$ até massa constante. Para a determinação da porcentagem de cobertura do solo (Figura 1) foi utilizada a metodologia descrita por LAFLEN et al. (1981);

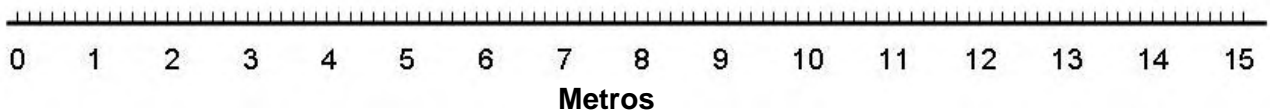


Figura 1. Trena graduada para avaliação da cobertura do solo (LAFLEN et al., 1981).

b) determinação do N total foliar das plantas de feijoeiro. Para isso foi retirada no florescimento da cultura a terceira folha trifoliolada com pecíolo do terço médio de 30 plantas, de acordo com recomendações de AMBROSANO et al. (1997) e submetidas à lavagem em água deionizada por três vezes, levadas à estufa de circulação de ar forçada à temperatura de $65\text{-}70^\circ \text{C}$, permanecendo até massa constante. Após secas as amostras foram conduzidas para digestão sulfúrica, de acordo com método descrito em BATAGLIA et al. (1983);

c) determinação dos componentes de rendimento e da produtividade de grãos. Para isso imediatamente antes da colheita foram determinadas numa das linhas da área útil a população final de plantas e coletadas dez plantas consecutivas na linha para a determinação do número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa

de 100 grãos. A produtividade de grãos foi obtida após a colheita de três linhas centrais de cada subparcela, com determinação do grau de umidade dos grãos, padronizando-se a 13% de base úmida;

d) determinação do teor protéico e de características tecnológicas dos grãos. Após digestão do material, o teor protéico dos grãos (PB%) foi determinado pela fórmula $PB = N \text{ total nos grãos} \times 6,25$, expressa em $g \text{ kg}^{-1}$. Para a determinação das características tecnológicas, inicialmente realizou-se a homogeneização das amostras e classificação em peneira de furos oblongos 12/64" x 3/4". O tempo para cozimento (Figura 2) foi avaliado com o auxílio do cozedor de Mattson, com anterior hidratação dos grãos em água deionizada durante um período mínimo de 12 horas. O tempo para máxima hidratação (Figura 3) foi determinado por meio do método descrito por FARINELLI & LEMOS (2010).

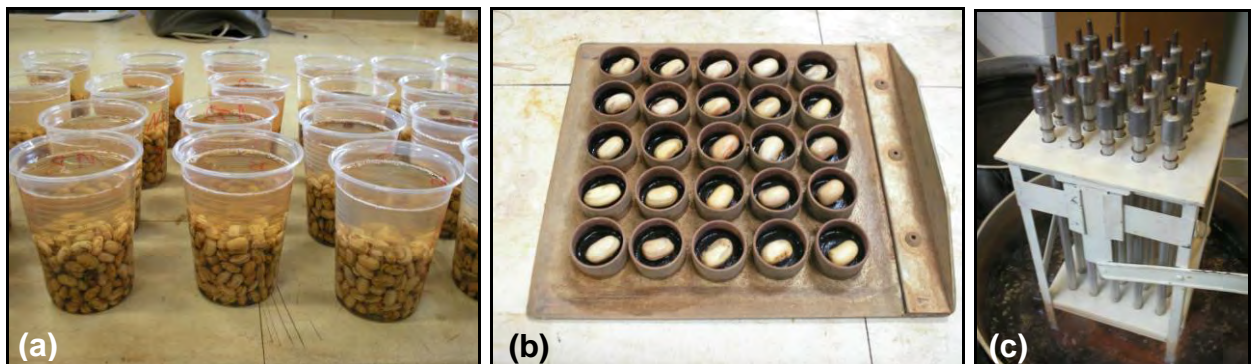


Figura 2. Grãos em hidratação por 12 horas antes do cozimento (a), preparo da amostra (b) e detalhe do cozedor de Mattson (c).

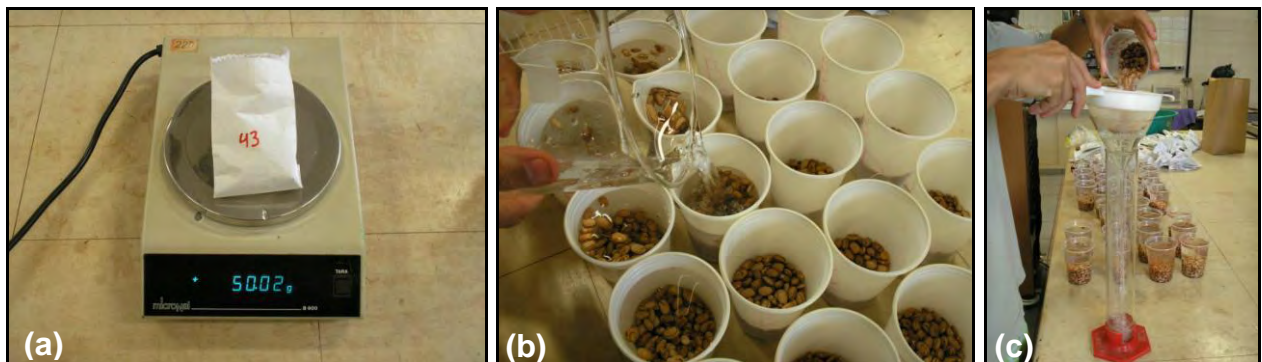


Figura 3. Pesagem inicial (a), imersão em água destilada (b) e leitura da água absorvida pelos grãos de feijão (c).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e a correlação linear simples. Quando alcançada significância estatística, utilizou-se teste de Tukey ao nível de significância de 5%. Os dados provenientes do fator doses de N e da interação sistemas de cultivo e doses de N foram analisadas comparados por meio de regressão polinomial.

Resultados e Discussão

Ao avaliar o comportamento da palhada resultante dos restos culturais dos três sistemas de cultivo antecedendo o feijoeiro, verifica-se que, maior quantidade de palhada foi produzida pela *B. ruzizensis* exclusiva e cobriu 100% da superfície do solo. Observou-se, ainda, a maior quantidade de palhada sobre o solo no florescimento e aos 30 dias após a colheita do feijoeiro no sistema de cultivo com a *B. ruzizensis* exclusiva, proporcionando em ambas as avaliações 98% da cobertura do solo (Tabela 1). Sem manejo de corte, ocorreu o florescimento da *B. ruzizensis* nesse sistema de cultivo, formando-se grande banco de sementes no solo, incrementando 16% a quantidade de palhada aos 30 dias após a colheita do feijoeiro, a partir da avaliação realizada no florescimento do feijoeiro, devido à germinação e desenvolvimento da gramínea após a colheita da leguminosa. O milho interferiu no desenvolvimento da *B. ruzizensis* quando do consórcio entre elas, de forma que a quantidade de palhada derivada do sistema de cultivo com milho exclusivo e com milho consorciado foi estatisticamente similar em todo o período experimental, com porcentagem de decomposição na ordem de 29,7% e 25,8% respectivamente, desde os dez dias antes da semeadura até 30 dias após a colheita do feijoeiro (Tabela 1).

Quanto ao acúmulo de palhada sobre o solo para viabilizar o sistema de semeadura direta, ALVARENGA et al. (2001) e NUNES et al. (2006) citam que a quantidade mínima exigida para se ter sucesso no emprego do sistema, seria de seis toneladas por ha, sendo suficiente para cobrir totalmente o solo.

Tabela 1. Quantidade de palhada e intensidade de cobertura de palhada de culturas antecessoras sobre o solo (*B. ruziziensis* exclusiva, consórcio milho e *B. ruziziensis* e milho exclusivo), aos dez dias antes da semeadura do feijoeiro, no florescimento e aos 30 dias após a colheita da leguminosa cultivar Pérola, conduzido com a aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, no 1º ano do sistema de semeadura direta.

Tratamentos	Palhada antes da semeadura kg ha ⁻¹	Cobertura antes da semeadura %	Palhada no florescimento kg ha ⁻¹	Cobertura no florescimento %	Palhada após a colheita kg ha ⁻¹	Cobertura após a colheita %
Sucessão (S)						
<i>B. ruziziensis</i>	12.931	100	7.959 a ^{1/}	98 a	9.219 a	98 a
Consórcio	6.343	93	5.911 b	77 b	4.704 b	78 b
Milho	6.160	73	5.801 b	70 c	4.326 b	75 b
CV (%)	-	-	16,0	3,0	13,3	3,7
Dose de N						
(D)						
0	-	-	7.673	82	5.624	83
40	-	-	6.510	82	5.805	84
80	-	-	6.291	84	5.910	83
120	-	-	6.403	81	6.525	85
160	-	-	5.908	82	6.551	84
CV (%)	-	-	13,0	4,0	18,1	5,3
Teste F						
S	-	-	20,0 ^{**2/}	760,3 ^{**}	170,4 ^{**}	396,7 ^{**}
D	-	-	5,4 ^{**}	1,6 ns	1,4 ns	0,5 ns
S x D	-	-	6,2 ^{**}	2,0 ns	3,0*	1,5 ns

^{1/}Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

^{2/}ns - não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro. ** - Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade de erro.

A aplicação de N em cobertura no feijoeiro diminuiu, com ajuste quadrático, a quantidade de palhada sobre o solo no florescimento do feijoeiro apenas no sistema de cultivo em sucessão a *B. ruziziensis* exclusiva (Figura 4). Esse fato provavelmente deve-se a influência do N na intensificação da mineralização da palhada. Após a estimativa do uso de 99 kg ha^{-1} de N em cobertura, a quantidade de palhada sobre o solo tendeu elevar-se, possivelmente pela maior disponibilidade de N no solo, facilitando o desenvolvimento vegetativo da *B. ruziziensis*, presente via banco de sementes.

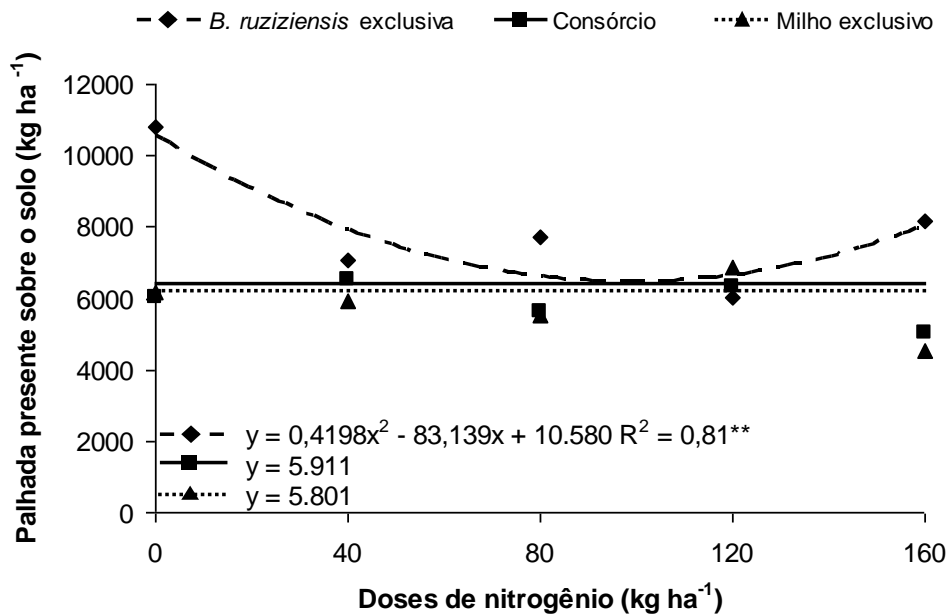


Figura 4. Desdobramento da interação referente à presença de palhada sobre o solo quando do florescimento do feijoeiro cultivar Pérola, conduzido com aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão a *B. ruziziensis* exclusiva, consórcio milho e *B. ruziziensis* e milho exclusivo, no 1º ano do sistema de semeadura direta.

A quantidade de palhada sobre o solo no florescimento do feijoeiro nas sucessões com milho exclusivo e consorciado, não foram influenciadas pela adubação nitrogenada em cobertura (Figura 4), provavelmente por a palhada ser constituída por restos vegetais com alta relação C/N, dificultando sua degradação por microrganismos. Houve aumento linear na quantidade de palhada sobre o solo na sucessão com *B.*

ruzizensis exclusiva após 30 dias da colheita do feijoeiro, numa proporção de 24 kg ha⁻¹ a cada kg de N aplicado (Figura 5). Esse fato ocorreu, provavelmente, pelo elevado banco de sementes da forrageira presente no solo, com resposta positiva ao N residual da adubação realizada no feijoeiro (Figura 5).

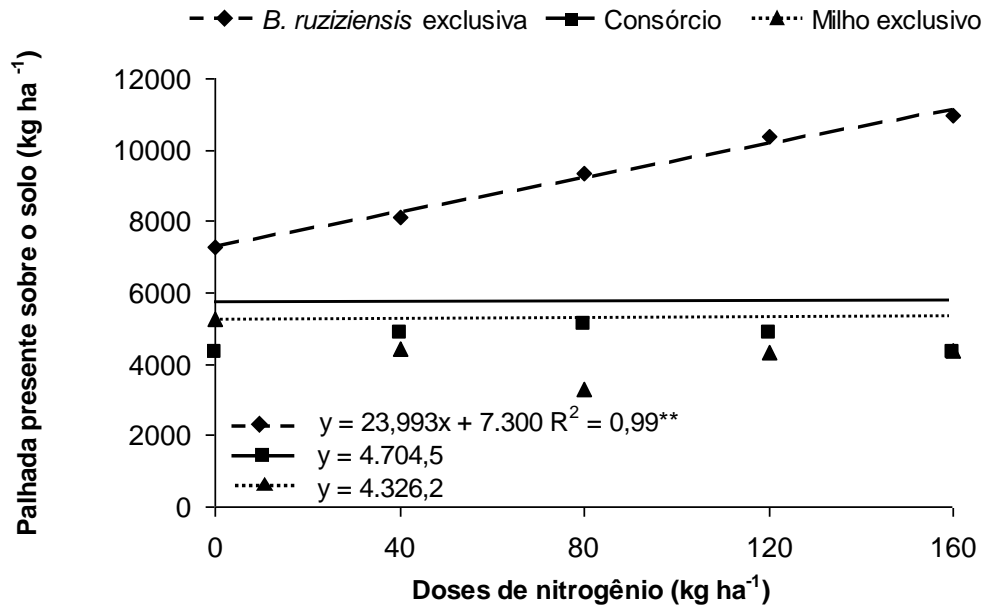


Figura 5. Desdobramento da interação referente à presença de palhada sobre o solo aos 30 dias após colheita de feijoeiro cultivar Pérola, conduzido com aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão a *B. ruzizensis* exclusiva, consórcio milho e *B. ruzizensis* e milho exclusivo, no 1º ano do sistema de semeadura direta.

Houve diferenças na densidade populacional de plantas nos diferentes sistemas de cultivo. A menor densidade populacional final de plantas de feijoeiro ocorreu utilizando a *B. ruzizensis* exclusiva como cultura antecessora (Tabela 2). A elevada quantidade de palhada da *B. ruzizensis* exclusiva presente quando da semeadura do feijoeiro (Tabela 1), prejudicou o funcionamento adequado do mecanismo de corte da semeadora, não efetuando a adequada abertura da palhada, provavelmente pelo efeito “colchão” no ato da semeadura. Assim, algumas sementes foram depositadas no interior da palhada, sem entrar em contato com o solo. Isso poderá ser minimizado utilizando um desintegrador mecânico, fazendo-se um manejo de corte da gramínea

nesse sistema; mantendo-se discos de corte, da semeadora, sempre afiados; e realizar a semeadura quando a umidade do solo estiver relativamente baixa, pois há maior facilidade no corte da palhada. Nas áreas onde foi utilizado milho consorciado com a forrageira e naquelas com milho exclusivo, não foram observadas dificuldades na semeadura do feijoeiro (Tabela 2). Não houve influência da adubação nitrogenada na densidade populacional de plantas.

Tabela 2. Densidade populacional final e teor de nitrogênio foliar total no florescimento de plantas de feijoeiro cultivar Pérola, conduzido com aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão à *B. ruziziensis* exclusiva, consórcio milho e *B. ruziziensis* e milho exclusivo, no 1º ano do sistema de semeadura direta.

Tratamentos	Densidade populacional final	Nitrogênio foliar total
	----- pl. m ⁻² -----	----- g kg ⁻¹ -----
Sucessão (S)		
<i>B. ruziziensis</i>	19,8 b ^{1/}	38 a
Consórcio	23,3 a	36 ab
Milho	24,8 a	35 b
CV (%)	10,2	5,5
Dose de N (D)		
0	23,4	34
40	22,3	34
80	22,5	36
120	22,4	37
160	22,7	39
CV (%)	8,9	10,6
Teste F		
S	18,41 ^{**2/}	7,06*
D	0,43 ns	2,87*
S x D	1,33 ns	1,00 ns

^{1/}Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

^{2/}ns - não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro. * - Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro. ** - Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade de erro.

O teor foliar de N total no florescimento do feijoeiro em sucessão à palhada de *B. ruziziensis* exclusiva foi superior ao obtido com a palhada de milho exclusiva (Tabela 2).

Embora não se tenha observado interação entre a adubação nitrogenada em cobertura e os sistemas de cultivo, optou-se por realizar o desdobramento. Verifica-se que o teor foliar de N total do feijoeiro aumentou linearmente nas sucessões com *B. ruziziensis* exclusiva e no consórcio do milho com *B. ruziziensis*, o mesmo não

ocorrendo quando em sucessão ao milho exclusivo (Figura 6). Entretanto, mesmo na ausência de adubação nitrogenada, os teores observados estão compreendidos dentro da faixa considerada como adequada, entre 30 e 50 g kg⁻¹, ao feijoeiro de acordo com AMBROSANO et al. (1997).

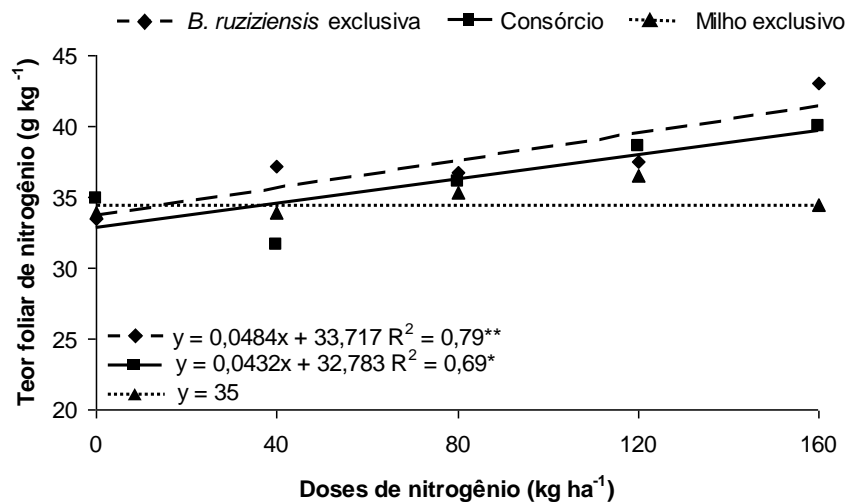


Figura 6. Desdobramento da interação referente ao teor de nitrogênio foliar total no florescimento do feijoeiro cultivar Pérola, conduzido com aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão a *B. ruziziensis* exclusiva, consórcio milho e *B. ruziziensis* e milho exclusivo, no 1º ano do sistema de semeadura direta.

Verifica-se que a palhada resultante dos diferentes sistemas de cultivo interferiram nos componentes de rendimento e na produtividade de grãos de feijão, exceto na massa de 100 grãos (Tabela 3).

As plantas de feijoeiro conduzidas sobre área com *B. ruziziensis* exclusiva produziram, em média, mais vagens por planta em relação à área com milho exclusivo (Tabela 3). É necessário considerar que a densidade populacional final de plantas se correlaciona negativamente com este componente de rendimento ($r = -0,31^*$). Através da análise de regressão entre as doses de N em cobertura e o número de vagens por planta, obteve-se na sucessão do consórcio de milho com *B. ruziziensis*, acréscimos lineares (Figura 7a), não havendo influência da adubação nitrogenada nesse componente produtivo para o feijoeiro em sucessão a palhada exclusiva de milho e *B. ruziziensis*. ARF et al. (2008) verificaram aumento linear para esse componente de

Tabela 3. Número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de feijão cultivar Pérola, conduzido com aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão à *B. ruziziensis* exclusiva, consórcio milho e *B. ruziziensis* e milho exclusivo, no 1º ano do sistema de semeadura direta.

Tratamentos	Vagens por planta	Grãos por vagem	Massa de 100 grãos	Produtividade de grãos
	nº		g	kg ha ⁻¹
Sucessão (S)				
<i>B. ruziziensis</i>	11,4 a ^{1/}	4,5 a	25,8	2.143 a
Consórcio	10,3 ab	4,4 a	25,2	2.319 a
Milho	8,8 b	3,8 b	24,9	1.636 b
CV (%)	14,2	8,2	6,5	8,6
Dose de N (D)				
0	8,7	4,6	24,7	1.892
40	9,9	4,3	24,8	1.995
80	10,5	3,9	25,4	2.007
120	11,0	4,1	25,6	2.119
160	10,6	4,3	26,1	2.151
CV (%)	16,0	11,7	6,7	11,7
Teste F				
S	12,24 ^{*2/}	17,54*	1,14 ns	61,62**
D	2,74 ns	2,57 ns	1,02 ns	1,72 ns
S x D	0,54 ns	1,16 ns	0,59 ns	1,05 ns

^{1/}Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

^{2/}ns - não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro. * - Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro. ** - Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade de erro.

produção em função da aplicação de doses crescentes de N em cobertura no feijoeiro de inverno cultivado no sistema de semeadura direta, implementado a sete anos na área. No ano de 2004, em função da equação linear, os autores estimaram uma produção de 8,2 vagens por planta e de 12,9 vagens por planta em 2005, utilizando 125 kg ha⁻¹ do nutriente, sendo essa a maior dose aplicada no trabalho.

O número de grãos por vagem se comportou diferentemente do número de vagens por planta, quando em sucessão ao consórcio de milho com *B. ruziziensis* (Figuras 7a e 7b). Alguns autores observaram incremento no número de grãos por vagem do feijoeiro com a aplicação de N em cobertura, conduzido após milho exclusivo (SORATTO et al, 2006), e após *B. decumbens* exclusiva (GARCIA et al., 2006).

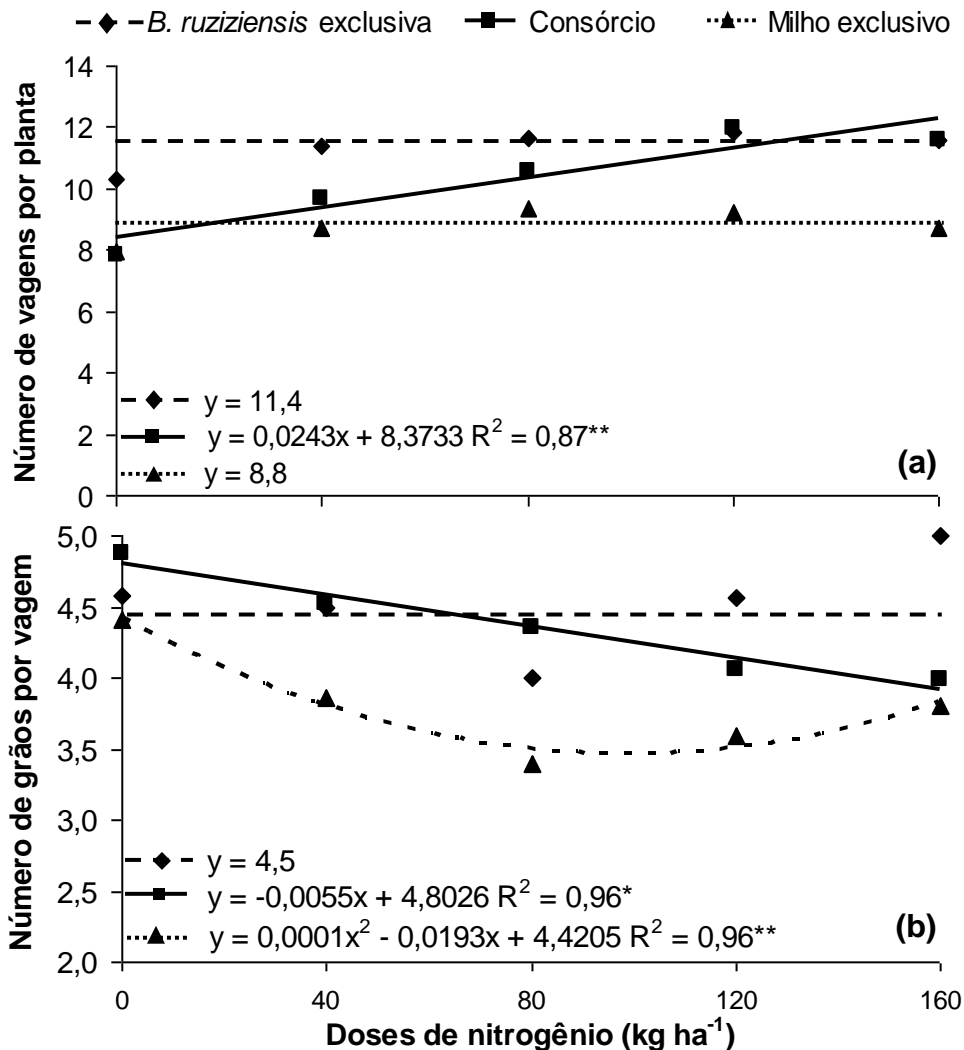


Figura 7. Desdobramento da interação referente ao número de vagens por planta (a) e ao número de grãos por vagem (b) de feijoeiro cultivar Pérola, conduzido com aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão a *B. ruziziensis* exclusiva, consórcio milho e *B. ruziziensis* e milho exclusivo, no 1º ano do sistema de semeadura direta.

Com relação à massa de 100 grãos, verifica-se que esse comportamento não foi influenciado pelo sistema de cultivo e pelas doses de N em cobertura. No entanto, ao se proceder o desdobramento da interação entre os sistemas de cultivo e as doses de N, verifica-se que a adubação nitrogenada influencia positivamente esse componente nas plantas cultivadas em sucessão à palhada exclusiva de milho (Figura 8a).

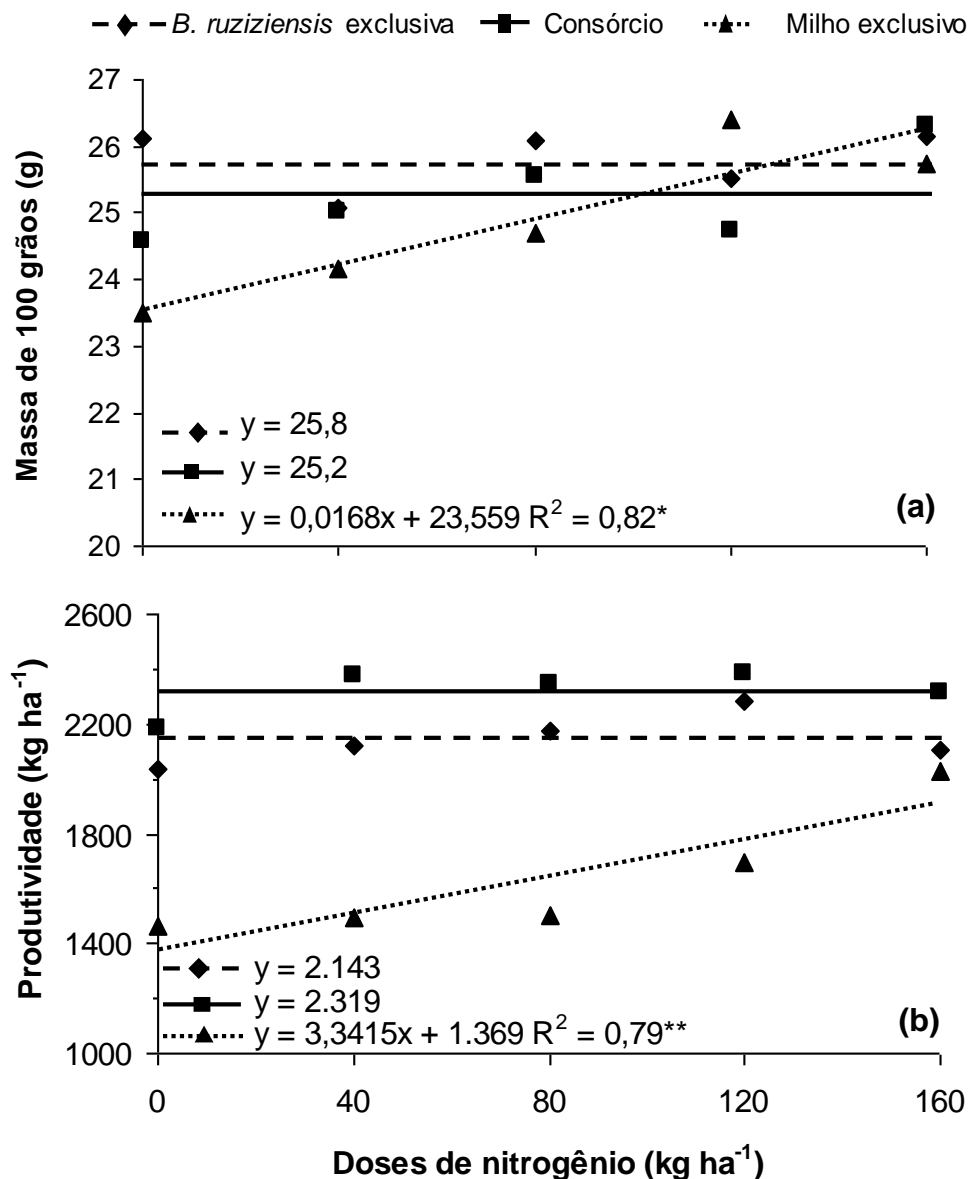


Figura 8. Desdobramento da interação referente a massa de 100 grãos (a) e da produtividade de grãos (b) de feijão cultivar Pérola, conduzido com aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão a *B. ruziziensis* exclusiva, consórcio milho e *B. ruziziensis* e milho exclusivo, no 1º ano do sistema de semeadura direta.

Quanto à produtividade de grãos, verifica-se que o feijoeiro em sucessão a palhada de milho exclusivo obteve menor rendimento de grãos quando comparado com a sucessão em palhada de *B. ruziziensis* exclusiva e do consórcio milho e *B. ruziziensis* (Tabela 3). Embora não se observe influência da adubação nitrogenada em cobertura na produtividade de grãos de feijão em sucessão a *B. ruziziensis* exclusiva e no

consórcio com milho e *B. ruziziensis*, verifica-se por meio da Figura 8b, a influência benéfica do N em feijoeiro cultivado em sucessão à palhada exclusiva de milho.

A elevada relação C/N da palhada exclusiva de milho e a menor porcentagem de cobertura do solo (Tabela 1) podem ter contribuído para a resposta ao N em cobertura no feijoeiro cultivado em sucessão (Figuras 8a e 8b). Com o desdobramento da interação, observa-se na Figura 8b, haver na sucessão sobre palhada de milho exclusivo, aumento de 3,34 kg ha⁻¹ de grãos para cada kg de N aplicado; nas sucessões utilizando o consórcio com milho e *B. ruziziensis* e a *B. ruziziensis* exclusiva, não houve resposta ao N em cobertura. SILVEIRA et al. (2001), analisando o comportamento do feijoeiro cultivado em diferentes rotações, observaram que as menores produtividades foram obtidas nas rotações que apresentaram o milho como antecessora, semelhante ao que ocorreu no presente trabalho.

Observou-se, na média, correlação positiva entre a produtividade e o número de vagens por planta ($r = 0,47^{**}$), o número de grãos por vagem ($r = 0,46^{**}$) e a massa de 100 grãos ($r = 0,35^{*}$). Não foi observada correlação entre densidade populacional de plantas e produtividade de grãos ($r = -0,30^{ns}$), possibilitando produtividades equivalentes entre diferentes populações (Tabela 2 e 3). Em cultivares com hábito de crescimento indeterminado, o número de grãos por vagem e de vagens por planta aumenta com a redução na densidade populacional final de plantas, compensando o rendimento de grãos de menores populações com maior rendimento médio por planta, sem alterar a massa de 100 grãos (JADOSKI et al., 2000).

A falta de resposta do feijoeiro à aplicação de N em cobertura na sucessão com *B. ruziziensis* exclusiva, deve-se, provavelmente, ao elevado potencial da palhada da *B. ruziziensis*, tanto em termos de quantidade e percentual de cobertura (Tabela 1), contribuir para a proteção da superfície do solo e liberar N e outros nutrientes através do elevado efeito de ciclagem que a forrageira promove por meio do seu sistema radicular profundo em relação ao milho. Aliado a isso, embora não tenha sido realizada a inoculação de sementes, verificou-se a presença de nódulos no sistema radicular das plantas de feijoeiro por bactérias nativas.

Outros possíveis atributos que a *B. ruzizensis* pode ter promovido nos sistemas de cultivo exclusivo e consorciado com o milho foi a proteção superficial do solo contra a amplitude térmica e a ação desagregadora das gotas de chuva e irrigação, além da ação agregadora de seu sistema radicular poder ter aproximado as partículas do solo, com posterior estabilização das mesmas pelos exsudatos radiculares (SILVA & MENDONÇA, 2007).

SILVA & MIELNICZUK (1997) relataram que espécies gramíneas com características perenes possuem alta densidade de raízes, renovações periódicas do sistema radicular e uniforme distribuição dos exsudatos, disponibilizando nutrientes e compostos orgânicos de fácil degradação, os quais são utilizados como fonte de energia e estimulam a atividade da microbiota do solo (FREIXO et al., 2002), permitindo que estirpes de rizóbios nativos presentes no solo realizem a fixação biológica de N_2 atmosférico (SILVA et al., 2009), influenciando na resposta do feijoeiro ao N aplicado à cultura, visto que na cultivar utilizada observa-se, em campo, boa capacidade de nodulação (ARF et al., 2008).

Quanto ao teor de proteína bruta nos grãos do feijão, este não foi influenciado pelos sistemas de cultivo e pela aplicação de N em cobertura (Tabela 4 e Figura 9a). Porém, verificou-se pequeno decréscimo dos valores no teor protéico dos grãos com o uso de N até a dose de 80 kg ha^{-1} , elevando-se a seguir, não resultando diferenças significativas entre as palhadas de cobertura do solo com as doses de N utilizadas (Figura 9a).

No presente trabalho, a inoculação natural de microrganismos presentes no solo pode ter contribuído, por meio da fixação biológica de N_2 atmosférico, para atender a demanda de N aos grãos de feijão, com o teor de proteína bruta não se correlacionando com o teor foliar de N total ($r = -0,01^{ns}$). GOMES JUNIOR & SÁ (2010) avaliaram a influência da adubação nitrogenada em cobertura sobre o teor de proteína de sementes de feijão das cultivares IPR Juriti e Pérola, cultivadas sob densa palhada de milheto. Verificaram que a aplicação de até 120 kg ha^{-1} de N no estágio fenológico V_{4-3} promoveu maior acúmulo de proteína bruta na semente (dose 0 = 17,6% e 16,3%; 120 kg ha^{-1} de N = 24,1% e 22,3% para IPR Juriti e Pérola, respectivamente) em relação ao

Tabela 4. Proteína bruta, tempo para cozimento e tempo para máxima hidratação de grãos de feijão cultivar Pérola, conduzido com aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão à *B. ruziziensis* exclusiva, consórcio milho e *B. ruziziensis* e milho exclusivo, no 1º ano do sistema de semeadura direta.

Tratamentos	Proteína bruta	Tempo para cozimento	Tempo para máxima hidratação
	----- g kg ⁻¹ -----	----- minutos -----	----- h:min -----
Sucessão (S)			
<i>B. ruziziensis</i>	211	30	09h 12min a ^{1/}
Consórcio	212	32	08h 56min b
Milho	214	34	08h 55min b
CV (%)	3,6	17,7	0,8
Dose de N (D)			
0	215	36	08h 57min
40	210	31	09h 08min
80	205	31	09h 11min
120	213	30	08h 58min
160	217	32	08h 52min
CV (%)	2,8	11,1	3,6
Teste F			
S	0,21 ns ^{2/}	1,15 ns	73,34**
D	1,87 ns	3,49*	1,46 ns
S x D	0,47 ns	1,07 ns	0,38 ns

^{1/}Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

^{2/}ns - não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro. * - Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro. ** - Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade de erro.

estádio fenológico V₄₋₆ (dose 0 = 19,2% e 18,3%; 120 kg ha⁻¹ de N = 21,3% e 20,3% para IPR Juriti e Pérola, respectivamente).

Apesar de verificar aumento do teor de proteína bruta nos grãos com o aumento da quantidade de N aplicado em cobertura, não significa que haja melhoria na qualidade nutricional desses grãos. CARELLI et al. (1981), em experimento a campo, verificaram que a aplicação de doses até 100 kg ha⁻¹ de N em cobertura no feijoeiro, aumentou o teor protéico, bem como dos aminoácidos lisina, cistina e leucina no grão, enquanto os valores de valina, treonina e metionina diminuíram, prejudicando, assim, o valor biológico da leguminosa para monogástricos.

Os sistemas de cultivo não influenciaram o tempo para cozimento dos grãos de feijão pela análise de variância, mas houve influência das doses de N aplicado em

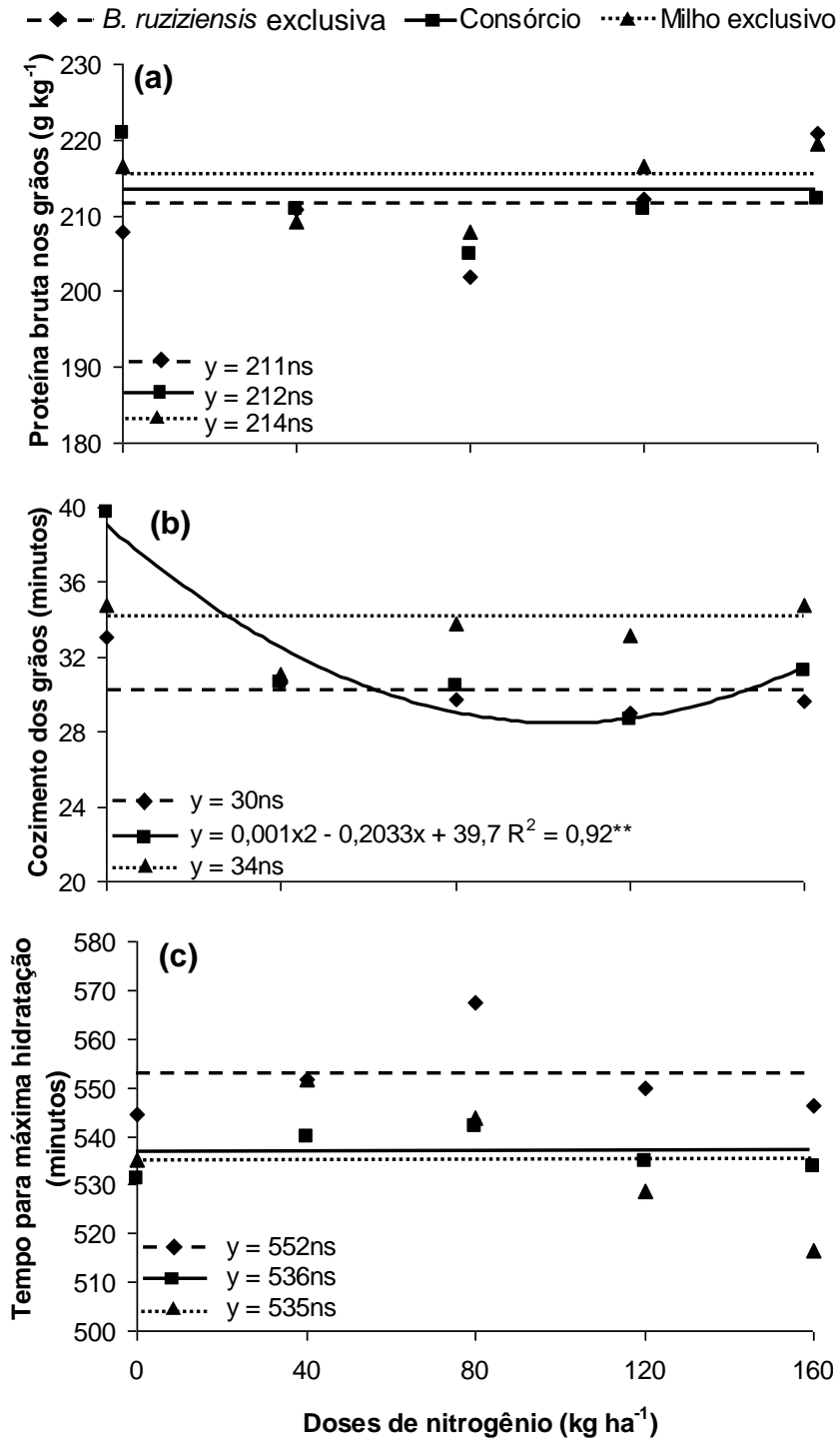


Figura 9. Desdobramento da interação referente ao teor de proteína bruta (a), tempo para cozimento (b) e tempo para máxima hidratação (c) de grãos de feijão cultivar Pérola, conduzido com aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão à *B. ruziziensis* exclusiva, consórcio milho e *B. ruziziensis* e milho exclusivo, no 1º ano do sistema de semeadura direta.

cobertura (Tabela 4), No entanto, quando do desdobramento da avaliação, pode-se verificar através da Figura 9b que o fornecimento do N em cobertura do feijoeiro cultivado após milho exclusivo e *B. ruziziensis* exclusiva, até a dose de 160 kg ha⁻¹ de N, não foi suficiente para que os dados se ajustassem linear ou quadraticamente. Contudo, observou-se ainda entre o tempo de cozimento e o teor protéico nos grãos, correlação positiva ($r = 0,33^*$). FARINELLI & LEMOS (2010) verificaram redução linear no tempo para cozimento de grãos de feijão cultivar Pérola, iniciando em 26,3 minutos no tratamento sem aplicação de N, decrescendo até 22,9 minutos com aplicação de 160 kg ha⁻¹ de N em cobertura no sistema de semeadura direta.

Quanto ao tempo para máxima hidratação, os grãos colhidos sobre a sucessão utilizando a *B. ruziziensis* exclusiva foram os mais tardios (Tabela 4), provavelmente por apresentarem grãos mais pesados (Figura 8a). Apesar de ter-se observado 16 e 17 minutos a mais para atingir a máxima hidratação dos grãos nesse sistema de cultivo do que aqueles colhidos sobre as sucessões utilizando o consórcio e o milho exclusivo, respectivamente, o tempo é considerado como adequado, pois na culinária brasileira os grãos de feijão são deixados em maceração à temperatura ambiente por 12 a 14 horas antes da cocção. Não houve influência da adubação nitrogenada nesse componente dentro de cada sistema de cultivo (Figura 9c). Pode-se ressaltar que os dados de tempo para máxima hidratação foram correlacionados negativamente com os de tempo para cozimento ($r = -0,31^*$). Isso sugere que quanto maior o tempo em que os grãos de feijão permanecem em maceração, menor é o tempo para cozimento, podendo reduzir custos no processamento industrial de enlatados, por exemplo. SILVA et al. (2006) verificaram aumento linear para essa variável na cultivar Pérola em semeadura direta, variando de 11 horas e 31 minutos sem a aplicação de N até 13 horas e 11 minutos na dose de 120 kg ha⁻¹ de N em cobertura.

Os dados contrastantes observados no final do trabalho com os encontrados na literatura consultada enfatizam a necessidade de se desenvolver mais pesquisas sobre a influência e a interação entre a adubação nitrogenada e outras práticas culturais, nos componentes qualitativos e nutricionais dos grãos de feijão.

Conclusões

1. A palhada de *B. ruziziensis* permite maior quantidade e manutenção da cobertura do solo no decorrer do ciclo de feijoeiro e favorece o aumento nos componentes de rendimento e na produtividade de grãos.

2. Os componentes de rendimento do feijoeiro são influenciados pela adubação nitrogenada, dependendo do sistema de cultivo.

3. O feijoeiro, em sucessão ao milho exclusivo, responde ao incremento de doses de nitrogênio.

4. O teor protéico e o tempo para máxima hidratação dos grãos não são influenciados pelo incremento de doses de nitrogênio, ocorrendo correlação positiva entre o teor de proteína bruta e o tempo para cozimento e negativa entre o tempo para cozimento e o tempo para máxima hidratação.

5. Os grãos de feijão, oriundos do sistema de cultivo em sucessão a palhada de *B. ruziziensis* exclusiva, necessitam maior tempo para hidratação.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Pan evaporation method. In: **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. FAO, 1998. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

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

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. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. IAC, 2.ed, n.100, 1997, p.194-195. Boletim Técnico.

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 de plantio direto. **Bragantia**, v.67, p.499-506, 2008.

BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLAM, P.R.; GALLO, J.R. **Método de análise química de plantas**. IAC, 1983. 48p. (Boletim Técnico,78).

CARELLI, M.L.C.; FAHL, J.I.; TEIXEIRA, J.P.F. Efeito do nitrogênio no teor de proteína bruta e composição em aminoácidos em sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.16, p.795-799, 1981.

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

FERRAZ, L.C.L.; CAFÉ FILHO, A.C.; NASSER, L.C.B.; AZEVEDO, J. Effects of soil moisture, organic matter and Grass mulching on the carpogenic germination of sclerotia and infection of bean by *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Pathology**, v.48, p.77-82, 1999.

FREIXO, A.A.; MACHADO, P.L.O.A.; GUIMARÃES, C.M.; SILVA, C.A.; FADIGAS, F.S. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.425-434, 2002.

GARCIA, R.N.; FORNASIERI FILHO, D.; BOLDIERI, F.M.; CAZETTA, D.A.; ROSSATO JÚNIOR, J.A.S.; MARCHIORI, R.V. Influência das culturas de cobertura morta e de nitrogênio sobre componentes produtivos do feijoeiro de inverno em sucessão ao milho. **Científica**, v.34, p.115-122, 2006.

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**, v. 32, p.34-44, 2010.

JADOSKI, S.O.; WOISCHICK, R.C.; PETRY, D.M.T.; FRIZZO, Z. População de plantas e espaçamento entre linhas do feijoeiro irrigado. II: rendimento de grãos e componentes do rendimento. **Ciência Rural**, v.30, p.567-573, 2000.

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

LOPES, A.S.; PAVANI, L.C.; CORÁ, J.E.; ZANINI, J.R.; MIRANDA, H.A. Manejo da irrigação (tensiometria e balanço hídrico climatológico) para a cultura do feijoeiro em sistemas de cultivo direto e convencional. **Engenharia Agrícola**, v.24, p.89-100, 2004.

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

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H. Milho para grão e silagem. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Org.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. n.100, Campinas: IAC, p.56-59, 1997. Boletim Técnico.

SILVA, E.F.; MARCHETTI, M.E.; SOUZA, L.C.F.; MERCANTE, F.M; RODRIGUES, E.T.; VITORINO, A.C.T. Inoculação do feijoeiro com *Rhizobium tropici* associada à exsudato de *Mimosa flocculosa* com diferentes doses de nitrogênio. **Bragantia**, v.68, p.443-451, 2009.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, p.113-117, 1997.

SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. Propriedades do solo influenciadas pela matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.) **Fertilidade do solo**. SBCS, p.319-337, 2007.

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

SILVEIRA, P.M.; SILVA, O.F.; STONE, L.F.; SILVA, J.G. Efeitos do preparo do solo, plantio direto e de rotações de culturas sobre o rendimento e a economicidade do feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.257-263, 2001.

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

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

CAPÍTULO 3 – CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E VIABILIDADE ECONÔMICA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA NO FEIJOEIRO EM SUCESSÃO À GRAMÍNEAS EM SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA E SEU RESIDUAL AO MILHO

RESUMO – Com a decomposição acelerada da palhada sobre o solo no cerrado brasileiro, há dificuldade no estabelecimento de sistemas de cultivo visando a semeadura direta. O objetivo do trabalho foi, no 1º ano do sistema de semeadura direta, avaliar a influência da adubação nitrogenada em cobertura nas características agronômicas do feijoeiro irrigado (safra inverno-primavera) cultivado em sucessão a diferentes palhadas de gramíneas com elevada relação C/N; a fertilidade do solo, a análise econômica da produção de grãos e o residual do N no milho em subsequência, em sistema de semeadura direta em fase de implantação. O delineamento experimental foi de parcelas subdivididas, com três repetições, dispostos em blocos casualizados, onde as parcelas principais foram cultivadas anteriormente com culturas de cobertura que, após dessecação química, foram ocupadas pelo feijoeiro e nas subparcelas, por doses de nitrogênio em cobertura. A seguir, após a colheita do feijoeiro, sobre as subparcelas foi cultivado, no período de verão, o milho exclusivo, o milho em consórcio com *Braquiaria ruziziensis* e *B. ruziziensis* exclusiva. Os resultados obtidos permitiram verificar que em sucessão ao milho exclusivo, a produtividade de grãos de feijão é influenciada pela adubação nitrogenada e a margem bruta de ganho na venda dos grãos de feijão, na média, é melhor nesse sistema de cultivo na dose de 160 kg ha⁻¹. Não há influência do nitrogênio residual, aplicado no feijoeiro cultivado anteriormente, sobre o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo do milho. A presença da *B. ruziziensis* afeta negativamente várias características agronômicas na cultura do milho, contudo, sem afetar a produtividade de grãos.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, *Brachiaria ruziziensis*, *Zea mays* L.

Introdução

O feijoeiro é uma importante cultura de entressafra, principalmente nas regiões Centro-Oeste e Sudeste onde há clima tipo Aw e Cw, conduzido principalmente no sistema de semeadura direta com irrigação, associado à maior quantidade de insumos agrícolas, juntamente com cultivares de elevado potencial produtivo. Nessas regiões, o clima é caracterizado por um inverno seco, o que dificulta o estabelecimento de culturas em sucessão sem o uso da irrigação nesta época do ano.

Desse modo, altas temperaturas associadas à adequada umidade do solo no verão, favorecem a rápida decomposição da palhada, dificultando a formação e/ou a manutenção de palhada sobre a superfície do solo interferindo, assim, na permanência do sistema de semeadura direta (FREIXO et al., 2002). Para viabilizar o sistema de semeadura direta é necessário adotar sistemas de manejo que possibilitem a produção e manutenção de elevada quantidade de palhada sobre o solo, passíveis de adoção pelo produtor rural e que não interfiram no rendimento econômico da propriedade. Para isso, uma das opções seria representada pelo consórcio de culturas produtoras de grãos (milho, por exemplo) e gramíneas perenes com sistema radicular agressivo e reciclador dos nutrientes presentes nas camadas mais profundas do solo, próprias para formação de elevada quantidade de palhada com alta relação C/N (braquiárias por exemplo) (SILVA & MIELNICZUK, 1997).

Com o aporte contínuo de palhada na superfície do solo ao longo dos anos e, por conseqüência, de carbono e de N (nitrogênio) – fato este indispensável ao funcionamento do sistema de semeadura direta – há significativa melhora da qualidade do solo, tanto físico, químico e biologicamente (LOPES et al., 2004b).

Em sucessão às culturas de verão, o feijoeiro semeado no período da entressafra, proporciona maior retorno financeiro com a venda dos grãos, por ser um período em que o produto alcança maiores preços (FERREIRA, 2002). Contudo, embora seja uma leguminosa e, portanto, ter a capacidade de fixação biológica do N (nitrogênio) atmosférico, o feijoeiro mostra-se muito exigente ao fornecimento de N

mineral, tornando-se uma das mais onerosas atividades ao produtor (BINOTTI et al., 2009).

O objetivo do trabalho foi avaliar a influência da adubação nitrogenada no feijoeiro sobre algumas características agronômicas; o comportamento químico da fertilidade do solo; a análise econômica da produção de grãos de feijão e a influência residual do N aplicado em cobertura na cultura antecessora (feijoeiro) sobre a cultura do milho subsequente, cultivado de forma exclusiva e em consórcio com *B. ruziziensis*, em sistema de semeadura direta.

Material e Métodos

O trabalho de pesquisa foi conduzido na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Campus de Jaboticabal, SP, situada na latitude de 21° 14' 33" S e longitude de 48° 17' 10" W. O clima, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Aw, tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno (MIRANDA et al., 2011) e altitude média de 565 m.

O solo é do tipo Latossolo Vermelho Eutroférico, textura argilosa (EMBRAPA, 2006), relevo com declividade de 6%, caracterizando-se como suave ondulado, possuindo em média 533 g kg⁻¹ de argila, 193 g kg⁻¹ de silte e 274 g kg⁻¹ de areia. Os resultados da análise química de fertilidade do solo, obtidos anteriormente a implantação do trabalho, na profundidade de 0-0,2 metros, encontram-se no Tabela 1.

Tabela 1. Análise química de fertilidade do solo (0-0,2 metros) da área experimental no ano agrícola 2008/09.

Prof.	pH	M.O.	P resina	H + Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
-- cm --	-- CaCl ₂ --	-- g dm ⁻³ --	-- mg dm ⁻³ --	-----	-----	mmol _c dm ⁻³	-----	-----	-----	-- % --
0-20	5,2	21	56	25	4,4	24,0	10,0	38,4	63,4	61

O histórico da área apresentou manejo com culturas anuais, em sistema de semeadura convencional de manejo físico do solo por no mínimo 15 anos, alternando

alguns anos com períodos de pousio na área,. Antes da instalação, realizou-se subsolagem, seguida de aração com arado de discos e duas gradagens com grade niveladora.

As parcelas foram formadas por três sistemas de cultivo, utilizando milho exclusivo, milho consorciado com *Brachiaria ruziziensis* e *B. ruziziensis* exclusiva, representando as culturas antecessoras ao feijoeiro.

O híbrido de milho (*Zea mays* L.) utilizado foi o DKB 390, com semeadura realizada no dia 19/11/2008, numa densidade populacional equivalente a 60.000 plantas ha⁻¹ no momento da colheita, espaçadas a 0,9 metros, numa profundidade de três a quatro cm em relação à superfície do solo, aplicando 30 kg ha⁻¹ de N, 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 50 kg ha⁻¹ de K₂O, e em cobertura 140 kg ha⁻¹ de N (RAIJ & CANTARELLA, 1997), quando o milho atingiu o estágio V₆ (seis folhas totalmente desenvolvidas), sem incorporação mecânica e com aplicação de 15 mm de água logo após a adubação.

A espécie forrageira utilizada foi a *B. ruziziensis* (*B. ruziziensis* R. Germ. & C. M. Evrard, sinônimo: *Urochloa ruziziensis*). No uso consorciado com milho, a *B. ruziziensis* foi semeada na densidade de 500 pontos de valor cultural por ha, equivalente a 7,8 kg ha⁻¹ de sementes com Valor Cultural (VC) de 64%, no momento da adubação nitrogenada no milho (15/12/08), na proporção de duas linhas para cada entre linha do milho. A *B. ruziziensis* exclusiva foi semeada juntamente com a consorciada com o milho, numa profundidade média de quatro a seis centímetros abaixo da superfície do solo, em linhas espaçadas a 0,22 metros, com 500 pontos de valor cultural por ha, sem aplicação de adubos na semeadura ou cobertura (WERNER et al., 1997).

As subparcelas foram formadas por cinco doses de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹), utilizando a uréia como fonte de N, aplicada em filete contínuo a dez cm da linha da cultura sem incorporação mecânica, no estágio de desenvolvimento V₄₋₄ (FERNÁNDEZ et al., 1985), com precipitação de 31,1 mm após a adubação.

O delineamento experimental foi de parcelas subdivididas, com três repetições, dispostos em blocos casualizados, totalizando 45 unidades experimentais. Cada subparcela foi composta por dez linhas de feijoeiro, espaçadas a 0,45 metros e com

cinco metros de comprimento, com densidade populacional estimada de 12 sementes por metro linear, equivalente a 266.000 plantas ha^{-1} (AIDAR et al., 2003). Consideraram-se como área útil as oito linhas centrais, desprezando-se 0,5 metros em cada extremidade.

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Pérola foi semeado no dia 03/08/09, após 30 dias da aplicação do herbicida dessecante glifosato em área total, utilizando a dose de 5,0 L ha^{-1} de produto comercial, equivalendo-se a 1.800 g ha^{-1} de equivalente ácido. Aplicou-se 200 kg ha^{-1} do formulado 5-15-10 no momento da semeadura, conforme os resultados apresentados pela análise de solo e sob recomendações de AMBROSANO et al. (1997).

O uso de aspersão convencional durante o desenvolvimento do feijoeiro foi necessário, estipulando eficiência de aplicação de 80% e precipitação média de 9,0 mm hora^{-1} . Utilizou-se o método do tanque “Classe A” parametrizado pela FAO (ALLEN et al., 1998), para o manejo da irrigação, através do balanço hídrico climatológico simplificado, utilizando o cálculo descrito por LOPES et al. (2004a): $ET_c = ETo \times Kc$, onde ET_c = evapotranspiração da cultura, ETo = evapotranspiração de referência e Kc = coeficiente da cultura (Tabela 2). O Kc utilizado foi o estabelecido através da evapotranspiração real da cultura e da evaporação do tanque “Classe A”, em região de Cerrado para o feijoeiro cultivar Pérola semeado em meados de julho numa densidade populacional de 270.000 pl ha^{-1} com espaçamento entre linhas de 0,5 metros (GUERRA et al., 2002).

Considerou-se o balanço hídrico de 24 horas entre a ET_c e a precipitação pluviométrica total (dados fornecidos pela Estação Agroclimatológica do Departamento de Ciências Exatas do Campus FCAV-UNESP). Assim, a irrigação foi realizada toda vez em que a soma desse balanço diário alcançasse 15 mm de *déficit* de água no solo (LOPES et al., 2004a). Ajustes foram feitos no momento e na quantidade de lâmina a irrigar dependendo do estágio de desenvolvimento do feijoeiro (Figura 1).

Tabela 2. Coeficientes de cultura para o feijoeiro, cultivar Pérola, na região do Cerrado.

Dias após a emergência	Coeficiente da cultura (Kc)
18	0,98
22	1,13
26	1,25
30	1,35
34	1,43
38	1,48
42	1,51
46	1,52
50	1,51
54	1,48
58	1,42
62	1,34
66	1,24
70	1,11
74	0,97
78	0,80
82	0,60

Fonte: GUERRA et al. (2002).

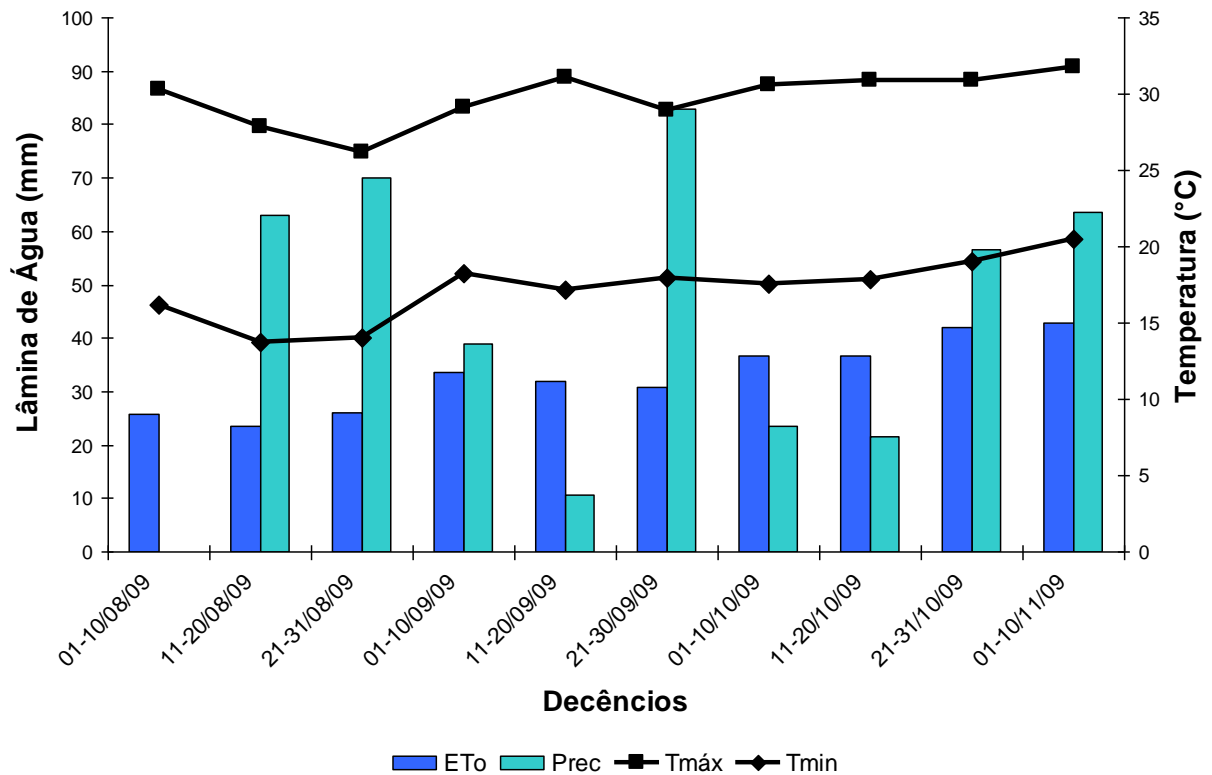


Figura 1. Evapotranspiração de referência, precipitação pluviométrica, temperatura máxima e mínima, em decênios, durante o período de desenvolvimento do feijoeiro. Fonte: Estação Agroclimatológica do Campus da FCAV/UNESP – Jaboticabal.

Durante a condução do experimento foi realizado uma aplicação do herbicida fluazifop-p-butil ($125 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) no estágio V_4 das plantas (25 dias após a semeadura), visando o controle das plantas de *B. ruziziensis* oriundas do banco de sementes formado pela própria cultura durante o verão. Para o controle doenças e insetos-pragas foram aplicados os produtos: azoxistrobina, lambda-cialotrina + tiametoxan, tebuconazol + trifloxistrobina, detametrina + triazofós, carbendazin e famoxadona + mancozebe, nas concentrações de $60 \text{ g i.a. ha}^{-1}$, $10,6 \text{ g i.a. ha}^{-1} + 14,1 \text{ g a.i. ha}^{-1}$, $136 \text{ g i.a. ha}^{-1} + 68 \text{ g i.a. ha}^{-1}$, $5 \text{ g a.i. ha}^{-1} + 175 \text{ g i.a. ha}^{-1}$, $250 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ e $100 \text{ g i.a. ha}^{-1} + 1000 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ respectivamente.

A colheita do experimento foi realizada com arranquio manual, seguida de trilha mecanizada utilizando colhedora de parcela (11/11/09), no momento em que as plantas encontravam-se com as hastes desfolhadas e 90% das vagens secas, apresentando coloração típica da cultivar.

No dia 17/12/09, foi semeado novamente o milho exclusivo e milho consorciado com *B. ruziziensis* e a *B. ruziziensis* exclusiva, representando as culturas em sucessão ao feijoeiro. Um grande volume de chuva, principalmente nos primeiros dias do mês de dezembro (Figura 2), fez com que houvesse um pequeno atraso na semeadura.

O híbrido de milho semeado foi o DKB 390 YG, da mesma forma à da safra anterior, o qual por ser portador do evento *Yield Gard* promove o controle da broca-do-colmo e a supressão da lagarta-do-cartucho e da lagarta-da-espiga. Sobre as subparcelas formadas pelo feijoeiro cultivado anteriormente, foram alocadas cinco linhas de cinco metros de comprimento, sendo consideradas úteis as três linhas centrais, desprezando-se 0,5 metros de cada extremidade. A adubação mineral de semeadura utilizada foi constituída de 28 kg ha^{-1} de N, 70 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 70 kg ha^{-1} de K_2O , baseando-se na quantidade de extração pelos grãos da cultura. Na adubação de cobertura foram utilizados 120 kg ha^{-1} de N (RAIJ & CANTARELLA, 1997), no estágio de desenvolvimento V_6 , sem incorporação mecânica e com aplicação de 15 mm de água logo após a adubação. A colheita do milho foi realizada de forma manual no dia 05/05/10.

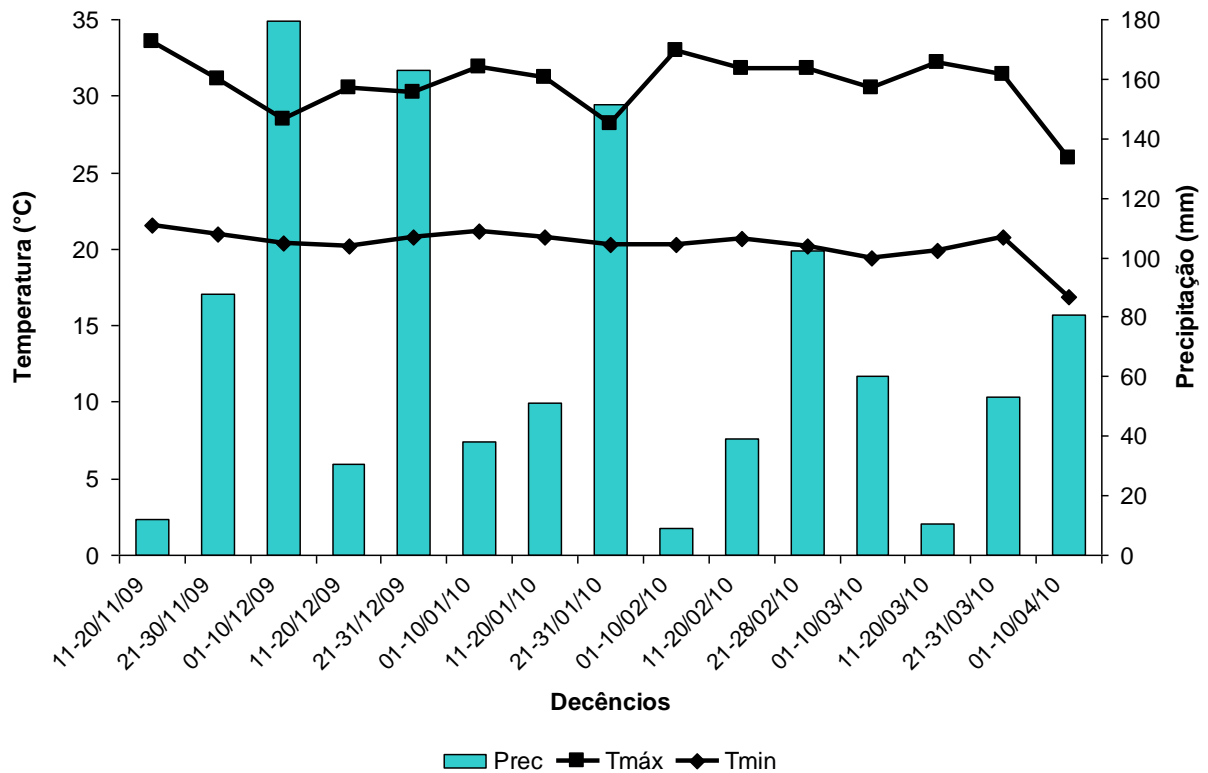


Figura 2. Precipitação pluviométrica, temperatura máxima e mínima, em decêndios, ocorrida no período próximo da sementeira até a colheita do milho conduzido como cultura sucessora ao feijoeiro. Fonte: Estação Agroclimatológica do Campus da FCAV/UNESP – Jaboticabal.

A *B. ruziziensis* foi semeada com 400 pontos de valor cultural, equivalendo-se a 7,5 kg de sementes por ha, com duas linhas na entre linha do milho e com 0,45 metros entre linhas quando semeada exclusivamente. Sua sementeira foi logo na seqüência e no mesmo dia da sementeira do milho, de forma similar à safra anterior.

Avaliações do feijoeiro (1ª safra inverno-primavera)

a. Florescimento pleno e número de trifólios. Para o florescimento pleno, foram contadas todas as plantas da oitava e nona linha da área útil de cada subparcela,

determinando-a quando houve presença da primeira flor aberta em 50% das plantas (FERNÁNDEZ et al., 1985). O número de trifólios totalmente expandidos por planta, foi contado a partir da coleta de cinco plantas consecutivas na oitava linha de semeadura de cada subparcela, no momento da presença da primeira flor aberta em 50% das plantas (FERNÁNDEZ et al., 1985).

b. Eficiência agrônômica e produtividade de grãos. Foi realizada de acordo com a metodologia proposta por FAGERIA (1998), por meio de cálculo, utilizando a seguinte fórmula:

$$EA = \frac{PG_{cf} - PG_{sf}}{QN_a}$$

Onde:

EA (kg kg^{-1}) = Eficiência de uso do N (eficiência agrônômica);
PG_{cf} = Produtividade de grãos com fertilizante nitrogenado (kg);
PG_{sf} = Produtividade de grãos sem fertilizante nitrogenado (kg);
QN_a = Quantidade de nitrogênio aplicado (kg).

A produtividade de grãos foi obtida após a colheita de três linhas da área útil de cada subparcela, padronizando-se o grau de umidade a 13% de base úmida.

c. Renda de beneficiamento. Os grãos colhidos das três linhas centrais de cada subparcela, foram classificados em tamanho pela passagem em 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) e 14/64" x 3/4 (5,56 x 19,05 mm) em agitação por um minuto. O percentual de grãos foi calculado através da relação entre o peso dos grãos retidos em cada peneira e o peso da amostra total de cada repetição (Figura 3).

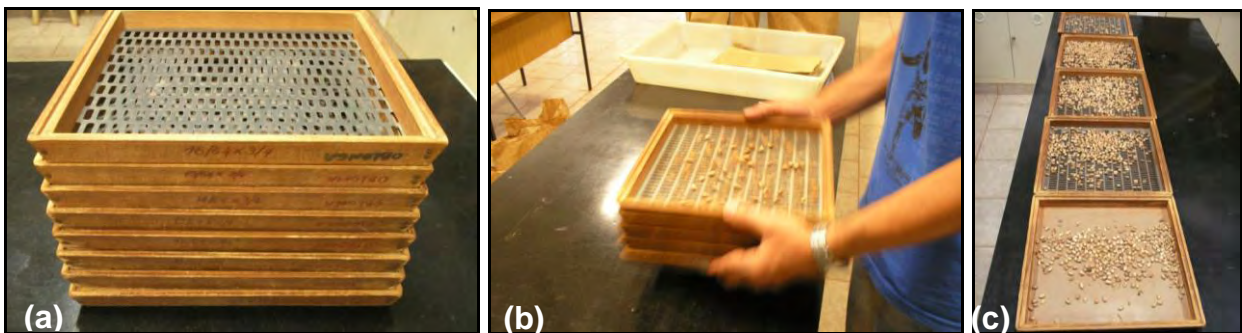


Figura 3. Conjunto de peneiras utilizadas para renda de beneficiamento (a), agitação do conjunto de peneiras (b) e detalhe da separação dos grãos por peneira (c).

d. Análise econômica simples do feijoeiro. De acordo com a metodologia descrita por BINOTTI et al. (2009), realizou-se uma análise econômica simples da aplicação de N no feijoeiro, considerando-se R\$ 1.194,91 a tonelada de uréia utilizada em agosto de 2009, na época de semeadura do experimento (IEA, 2009), e o custo de R\$ 30,07 ha⁻¹ para a aplicação em cobertura, quando realizada (AGRIANUAL, 2010). Com base na produtividade média de grãos em cada tratamento, calculou-se o acréscimo de produtividade proporcionado em relação à testemunha (sem N). Calculou-se o valor da produção correspondente àquele acréscimo de produtividade e a respectiva margem bruta de ganho na venda dos grãos de feijão com cada dose de N utilizada, com base no preço médio de R\$ 55,00 a saca de 60 kg de grãos, pago ao feijão carioca, em Barretos (SP), em novembro de 2009 (AGROLINK, 2009) e R\$ 80,00 a saca de 60 kg no estado de São Paulo, estabelecido como preço mínimo pelo Programa de Garantia de Preços Mínimos realizado pela CONAB (2010).

Avaliações no milho (1º safra verão)

a) Para o primeiro ano de cultivo de milho, ao final do ciclo, no estágio R₆, foram demarcados dez pontos por parcela com cinco metros de comprimento cada. Cada ponto contou com a avaliação de cinco plantas ao acaso, totalizando 50 plantas por parcela, sendo altura média em metros (desde o nível do solo à folha bandeira, através do auxílio de uma régua graduada), altura média de inserção da espiga principal em metros (desde o nível do solo à inserção da espiga principal na planta, por meio de uma régua graduada), densidade populacional final de plantas (contagem de todas as plantas nos dez pontos demarcados), número médio de espigas por metro quadrado (contando todas as espigas produzidas nos dez pontos demarcados), massa de 100 grãos em gramas e produtividade de grãos em kg ha⁻¹ (coletando todas as espigas presentes nos dez pontos demarcados), corrigido a 13% de umidade em base úmida, conforme BRASIL (2009).

Avaliações no milho (2ª safra verão)

a. Folhas fotossinteticamente ativas. Para avaliação do efeito residual dos tratamentos realizados no feijoeiro sobre o número médio de folhas fotossinteticamente ativas, conjuntamente com a associação ou não de *B. ruzizensis*, foram utilizadas cinco plantas da quarta linha de milho de cada subparcela, sendo a quinta, oitava, décima primeira, décima quarta e décima sétima planta da fileira. As avaliações ocorreram nos estádios V₉, V₁₄, Vt, R₃ e R₅. Foram consideradas folhas senescidas quando 50% do tamanho total do limbo foliar estava senescido. As folhas foram identificadas pela marcação da extremidade da 8ª e 12ª com tinta não lavável (Figura 4).



Figura 4. Marcação da 8ª folha para avaliação do número de folhas sinteticamente ativas (a) e folha com 50% do tamanho total do limbo foliar senescido (b).

b. Teor foliar de N total. Foram coletados dez terços médios da folha da base da espiga de plantas de milho na fase de pendoamento em cada subparcela (RAIJ & CAMARGO, 1997). A metodologia para a determinação do N total foi seguida conforme o recomendado por BATAGLIA et al. (1983).

c. Produtividade de grãos e teor de proteína bruta nos grãos. Foi estimada a produtividade de grãos coletando todas as espigas presentes em duas linhas de cada subparcela. O valor foi corrigido a 13% de umidade em base úmida, determinado por meio do método da estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ por 24 horas (BRASIL, 2009). O teor de N

total dos grãos de milho de cada subparcela foi determinado conforme a metodologia descrita por BATAGLIA et al. (1983). O teor de proteína bruta foi determinado através da multiplicação do N total nos grãos x 6,25, apresentado pela AOAC (1995).

d. Densidade populacional final de plantas, espiga por área, altura de plantas, altura de inserção da espiga principal e diâmetro de colmo. Para determinação da densidade populacional final de plantas e o número de espigas por área, foram contadas as plantas e espigas da área útil de cada subparcela ao final do ciclo do milho, cujos valores foram transformados para plantas e espigas por m². Ao final do ciclo do milho foi realizada a mensuração da altura das plantas e a altura de inserção da espiga principal de dez plantas ao acaso da linha central da subparcela, desde o nível do solo à folha bandeira e desde o nível do solo à inserção da espiga principal da planta, respectivamente, através do auxílio de uma régua graduada. Para determinar o diâmetro do colmo nas plantas de milho, considerou-se o diâmetro do 2º entrenó, a partir da base de dez plantas por subparcela, dentro da área útil, por ocasião da colheita, o qual foi mensurado através do uso de paquímetro.

e. Diâmetro de ráquis, número de grãos por fileira e massa de 100 grãos. O diâmetro de ráquis foi mensurado no terço central da espiga. O número de grãos por fileira foi determinado através da contagem dos grãos na fileira mais representativa da espiga, em dez espigas coletadas ao acaso. A massa de 100 grãos foi determinada por meio da coleta, contagem e pesagem de quatro amostras de 100 grãos em cada subparcela, segundo recomendações de BRASIL (2009).

f. Renda de beneficiamento (%). Os grãos colhidos das duas linhas centrais de cada subparcela foram classificados em tamanho através da passagem por uma peneira de crivo oblongo 15/64 x 3/4, sendo denominados grãos redondos, ao passo que os grãos que passaram por essa peneira (grãos achatados), foram classificados por largura em peneiras de crivo redondo 18/64" (7,14 mm), 20/64" (7,94 mm), 22/64" (8,73 mm) e 24/64" (9,62 mm) (ANDRADE et al., 2001) em agitação por um minuto. O percentual de grãos foi calculado por meio da relação entre o peso dos grãos retidos em cada peneira e o peso da amostra total dos grãos de cada repetição.

Análise química da fertilidade do solo.

a) Após 20 dias da colheita do milho, na segunda safra, foram realizadas coletas de amostras de solo na camada de 0-0,2 metros, com trado tipo “caneca”, perpendicular ao sentido da linha de semeadura, em toda a faixa correspondente à largura da cultura (LOPES et al., 2004b), secas ao ar e passadas em peneiras de quatro milímetros de diâmetro, para a análise química para fins de fertilidade (rotina), conforme os métodos descritos por RAIJ & QUAGGIO (1983).

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o teste F ao nível de significância de 5% e à correlação linear simples. Quando alcançada significância estatística, as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey a 5% de significância. Regressão polinomial foi realizada para as médias das doses de N.

Resultados e Discussão

A alta população final de plantas de milho no sistema de cultivo utilizando a *B. ruziziensis* em consórcio e o atraso na semeadura da *B. ruziziensis* nas entre linhas, prejudicaram o estabelecimento e o desenvolvimento satisfatório da forrageira, sendo insuficiente sua influência para alterar expressivamente algumas determinações realizadas no milho (Tabela 3).

Tabela 3. Valores agrônômicos para o milho cultivado anteriormente ao feijoeiro, no sistema de semeadura convencional.

	Milho exclusivo	Milho consorciado
Altura (m)	2,49	2,60
Inserção da espiga principal (m)	1,56	1,69
Densidade populacional final (pl. m ⁻²)	8,80	8,53
Número de espigas (espigas m ⁻²)	8,04	7,60
Massa de 100 grãos (g)	34,1	35,4
Produtividade (kg ha ⁻¹)	10.828	11.038

No feijoeiro semeado após as culturas antecessoras, a alta quantidade de palhada presente sobre o solo, produzida pela *B. ruziziensis* exclusiva, provocou sintomas visuais de estiolamento das plântulas de feijoeiro nesse sistema de cultivo, possivelmente influenciando a duração dos estádios de desenvolvimento da cultura (Tabela 4). Houve uma diferença de três dias em relação aos outros sistemas de cultivo para que o feijoeiro alcançasse o estágio R6 (floração plena), sendo também verificado a mesma diferença para a maturação de massa dos grãos. Isso se torna importante para o agricultor, pois os momentos para a adubação nitrogenada de cobertura e a colheita dependem do estágio de desenvolvimento da cultura. As doses de N não influenciaram no estabelecimento e no desenvolvimento da cultura (Tabela 4).

Tabela 4. Dias para o florescimento após a semeadura e número de trifólios de plantas de feijoeiro cultivar Pérola, conduzido com aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão a *B. ruziziensis* exclusiva, consórcio milho e *B. ruziziensis* e milho exclusivo, no 1º ano do sistema de semeadura direta.

Tratamentos	Florescimento	Trifólios
	----- dias -----	----- nº -----
Sucessão (S)		
<i>B. ruziziensis</i>	45 a ^{1/}	19,5
Consórcio	42 b	17,9
Milho	42 b	17,6
CV (%)	2,5	20,2
Dose de N (D)		
0	43	17,1
40	43	17,7
80	43	18,9
120	43	19,2
160	43	18,7
CV (%)	2,2	10,3
Teste F		
S	38,79** ^{2/}	1,11 ns
D	0,27 ns	1,98 ns
S x D	1,04 ns	0,49 ns

^{1/}Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

^{2/}ns - não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro. ** - Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade de erro.

Diferenças nos sistemas de cultivo não foram constatadas quanto à eficiência agronômica do N aplicado em cobertura (Tabela 5). Na sucessão à *B. ruziziensis*

exclusiva, o incremento de 2,1 kg de grãos de feijão por kg de N foi obtido mediante a aplicação de 40 e 120 kg ha⁻¹ de N. Enquanto sobre a palhada de milho e *B. ruziziensis* em consórcio, a eficiência agrônômica diminuiu à medida que as doses se elevaram. A baixa produtividade de grãos de feijão no tratamento sem a aplicação de N em cobertura sobre a palhada de milho exclusivo foi determinante para que a eficiência agrônômica se comportasse diferentemente à sucessão utilizando o consórcio.

Tabela 5. Produtividade de grãos e eficiência agrônômica de feijoeiro cultivar Pérola, conduzido com aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão a *B. ruziziensis* exclusiva, consórcio milho e *B. ruziziensis* e milho exclusivo, no 1º ano do sistema de semeadura direta.

Tratamentos		Produtividade de grãos kg ha ⁻¹	Eficiência agrônômica ^{1/} kg kg ⁻¹
Sucessão (S)	Dose de N (D)		
<i>B. ruziziensis</i>	0	2.034	-
	40	2.117	2,1
	80	2.177	1,8
	120	2.285	2,1
	160	2.106	0,5
	Média	2.143 a ^{2/}	-
Consórcio	0	2.180	-
	40	2.376	4,9
	80	2.343	2,0
	120	2.381	1,7
	160	2.316	0,9
	Média	2.319 a	-
Milho	0	1.463	-
	40	1.493	0,8
	80	1.503	0,5
	120	1.694	1,9
	160	2.031	3,6
	Média	1.636 b	-
Teste F			
S		59,62** ^{3/}	0,13 ns
D		1,19 ns	0,54 ns
S x D		0,32 ns	0,38 ns

^{1/}Eficiência de uso de N = kg de grãos de feijão produzido por kg de N aplicado em cobertura.

^{2/}Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

^{3/}ns - não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro. ** - Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade de erro.

Como a palhada de *B. ruziziensis* pode ter fornecido boa quantidade de N e ter melhorado os aspectos físicos, químicos e biológicos do solo, podendo ter aumentado a fixação biológica de N nas menores doses de N aplicadas em cobertura, 0 e 40 kg ha⁻¹, houve considerável produtividade de grãos nesses tratamentos (Figura 5). Por outro lado, a resposta do feijoeiro à adubação nitrogenada sobre palhada de milho exclusivo se deu de forma mais pronunciada nas doses mais elevadas (Figura 5). Dessa forma, a aplicação de N em cobertura na fase vegetativa do feijoeiro em semeadura direta sobre palhada de milho exclusivo, pode ser uma prática indispensável para se aumentar a produtividade de grãos, até mesmo acima dos 90 kg ha⁻¹ recomendado pela literatura (AMBROSANO et al., 1997).

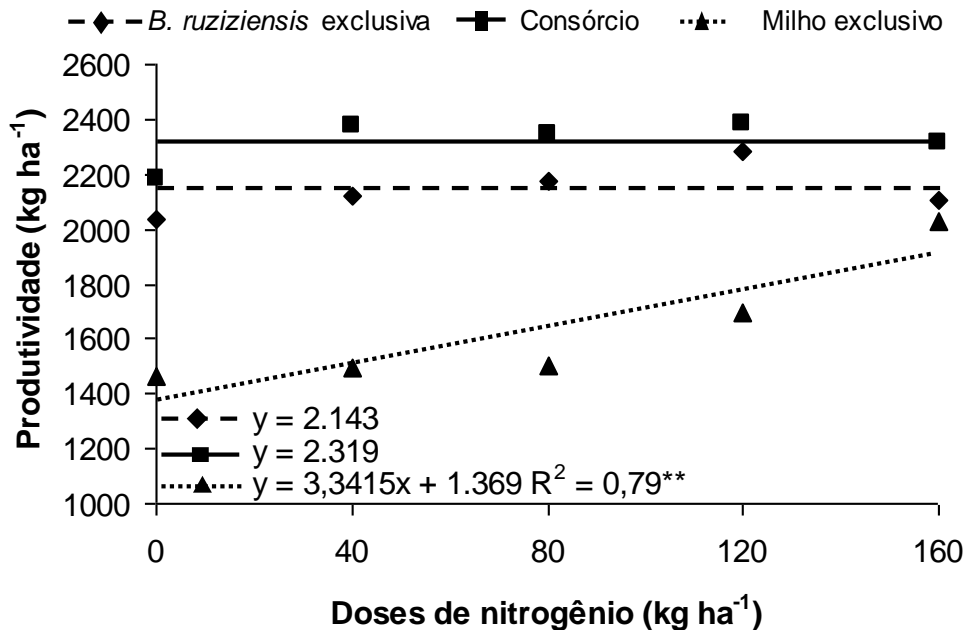


Figura 5. Desdobramento da interação referente à produtividade de grãos de feijão cultivar Pérola, conduzido com aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão a *B. ruziziensis* exclusiva, consórcio milho e *B. ruziziensis* e milho exclusivo, no 1º ano do sistema de semeadura direta.

Os valores da eficiência agrônômica do N encontrados sobre a palhada de milho exclusivo se comportaram semelhante ao relatado por FARINELLI & LEMOS (2010). Os autores utilizaram doses de 0 até 160 kg ha⁻¹ de N em cobertura no feijoeiro cultivar Pérola no sistema de semeadura direta, cultivado após aveia preta e milheto, e

perceberam um aumento gradativo de 0,3 kg de grãos de feijão produzido por kg de N aplicado à dose de 40 kg ha⁻¹ de N para 2,8 kg de grãos de feijão à dose de 160 kg ha⁻¹ de N.

SORATTO et al. (2004), trabalhando com feijoeiro irrigado cultivar IAC Carioca no sistema de semeadura direta em Ilha Solteira/SP, relataram que, com o incremento na dose de N em cobertura (0 a 210 kg ha⁻¹ de N), foi aumentada a eficiência agrônômica de uso do N. SANTOS & FAGERIA (2007) verificaram diversidade na eficiência de uso do N entre os cultivares BRS Pontal, BRS Valente, BRS Grafite, BRS Radiante e Jalo Precoce, utilizando diferentes manejos de adubação nitrogenada, com a dose de 90 kg ha⁻¹ de N, variando de 6 (Jalo Precoce) a 20 kg de grãos de feijão por kg de N aplicado (BRS Pontal).

FORNASIERI FILHO et al. (2007) em experimento conduzido na época de inverno durante dois anos agrícolas (1998 e 1999) em Ribeirão Preto/SP, no sistema de semeadura direta sob palhada de milho, verificaram que a cultivar Pérola foi mais eficiente no uso do N quando comparado a IAC Una e, que a eficiência agrônômica, diminuiu à medida que as doses de N (0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹) em cobertura aumentaram, sendo que na dose de 50 kg ha⁻¹ de N, o incremento de kg de grãos de feijão por kg de N aplicado foi maior dentre as doses aplicadas nos dois anos agrícolas.

Segundo ROBERTS (2008) a eficiência de uso do nutriente é maior com pouca quantidade de fertilizante aplicado, pois, a adição de qualquer nutriente limitante, proporciona uma resposta relativamente elevada na produtividade, desde que estes nutrientes sejam absorvidos pelas culturas. O autor também relatou que doses menores de fertilizantes parecem mais adequadas quando se considera o ambiente, pois maior quantidade de nutriente é removida pela cultura e menor quantidade permanece no solo, representando menor potencial de perda.

O rendimento de peneiras foi favorável ao feijoeiro semeado após *B. ruziziensis*, mas sem diferenças significativas para as doses de N (Tabela 6).

Tabela 6. Valores de F, níveis de significância e coeficiente de variação (CV) da porcentagem de grãos de feijão retidos nas peneiras de beneficiamento, conduzido com aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão a *B. ruziziensis* exclusiva, consórcio milho e *B. ruziziensis* e milho exclusivo, no 1º ano do sistema de semeadura direta.

Tratamentos	Fundo	Peneira 11	Peneira 12	Peneira 13	Peneira 14	Peneira acima de 12
	----- % -----					
Sucessão (S)	12,05 ^{*1/}	3,26 ns	0,59 ns	8,17*	2,95 ns	7,73*
CV (%)	8,6	16,6	7,7	12,7	31,7	8,4
Dose de N (D)	1,24 ns	0,27 ns	1,00 ns	0,99 ns	0,63 ns	0,63 ns
CV (%)	9,2	8,1	5,7	7,6	15,2	6,0
S x D	1,32 ns	0,77 ns	0,33 ns	0,86 ns	2,88*	0,94 ns

^{1/}ns - não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro. * - Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.

Houve diminuição na porcentagem de grãos de feijão retidos no fundo do conjunto de peneiras quando cultivado sobre a *B. ruziziensis* exclusiva (14,0%), com elevação na porcentagem quando cultivado sobre palhada de milho exclusivo (18,8%). Além disso, elevada quantidade de grãos em relação ao total da amostra de grãos, colhida sobre a sucessão com *B. ruziziensis* exclusiva, ficou retido na peneira número 13 (33,1%) em relação à colhida sobre a sucessão com milho exclusivo (24,8%), influenciando, conseqüentemente, na obtenção de 68,8% de renda no somatório das peneiras acima do número 12, sendo 10,7% a mais do que aquelas conduzidas sobre palhada de milho exclusivo (Figura 6). A baixa população final de plantas no sistema de cultivo em sucessão a *B. ruziziensis* exclusiva, pode ter favorecido o melhor desenvolvimento dos grãos, porém sem alterar a massa de 100 grãos (Capítulo 1 – Tabelas 2 e 3).

Atualmente, a peneira número 12 é a adotada pelas empacotadoras de grãos de feijão, as quais oferecem uma gratificação financeira (ágio) para fornecedores que apresentam um produto com renda acima de 65% (FARINELLI, 2003), caracterizando-se como grãos graúdos.

CRUSCIOL et al. (2003), verificaram que houve efeito significativo quando utilizado 25 kg ha⁻¹ de N em cobertura. Nesta dose, ocorreu redução percentual das

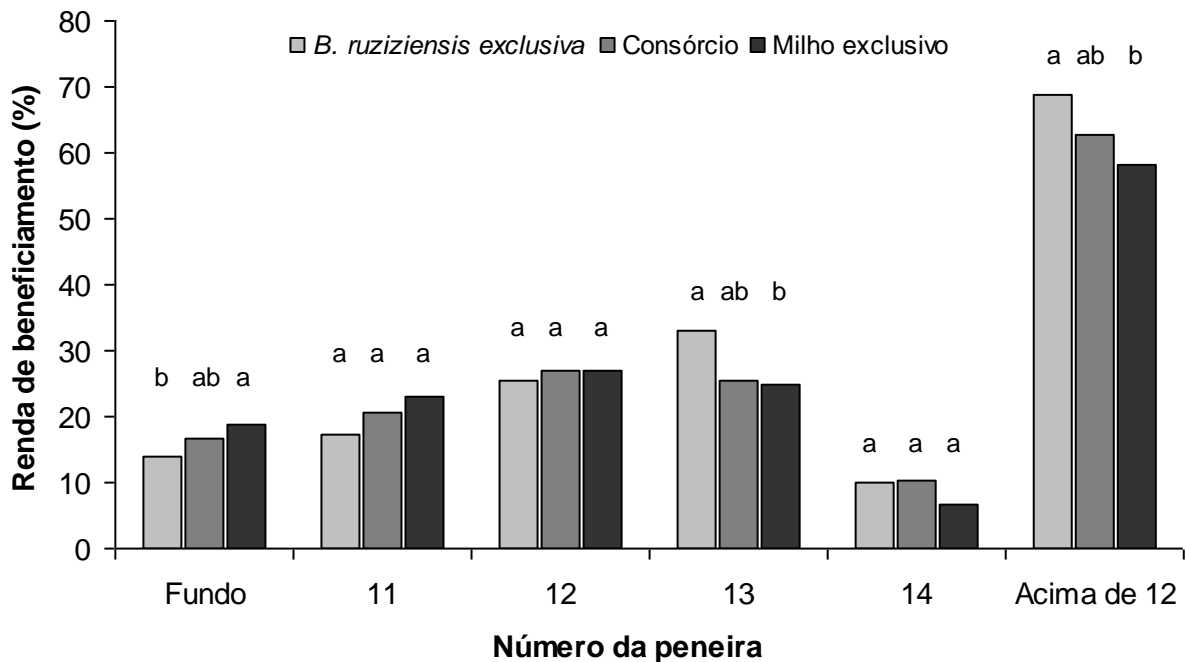


Figura 6. Resultados médios da classificação por peneiras de crivos oblongos de grãos de feijão cultivar Pérola, conduzido com aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão a *B. ruziziensis* exclusiva, consórcio milho e *B. ruziziensis* e milho exclusivo, no 1º ano do sistema de semeadura direta. Médias não seguidas pela mesma letra nas peneiras diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

sementes retidas nas peneiras 14 e 15, e elevou a proporção nas 17 e 18, ou seja, aumentou a proporção das maiores.

Quanto à análise de solo realizada na camada 0-0,2 metros, por se tratar de um sistema de semeadura direta em implantação, não houveram diferenças significativas para a maioria das determinações entre os sistemas de cultivo e excluindo o teor de fósforo, para todas as demais entre as doses de N, sem interação entre os fatores (Tabela 7).

Para o pH do solo, a *B. ruziziensis* exclusiva proporcionou a manutenção do valor verificado no início da implantação dos tratamentos, enquanto que o uso do consórcio e do milho exclusivo diminuiu dois e três décimos respectivamente. Da mesma forma, a extração de bases pela colheita dos grãos de milho, também deve ter contribuído para a

Tabela 7. Análise química da fertilidade do solo na camada 0-0,2 m, 20 dias após colheita do milho, após o feijoeiro cultivar Pérola, conduzido com aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão a *B. ruziziensis* exclusiva, consórcio milho e *B. ruziziensis* e milho exclusivo, no 1º ano do sistema de semeadura direta.

Tratamentos	pH	M.O.	P resina	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V	----- mmol _c dm ⁻³ -----	
											CaCl	%
Sucessão (S)												
<i>B. ruziziensis</i>	5,2 a ^{1/}	19	55	6,0 a	27	11	34 b	44,4	78,0	57 a		
Consórcio	5,0 b	20	54	4,1 b	27	11	40 a	41,8	81,5	51 ab		
Milho	4,9 b	20	55	3,6 b	24	10	41 a	38,1	79,5	47 b		
CV (%)	3,2	8,6	20,8	10,4	15,9	16,9	8,7	14,1	8,5	9,2		
Dose de N (D)												
0	5,1	19	46	4,6	26	11	38	41,8	79,6	53		
40	5,0	20	52	4,8	26	11	39	41,7	80,2	52		
80	5,0	19	58	4,1	26	10	38	39,9	78,3	51		
120	5,1	20	58	4,8	27	11	38	43,2	81,0	53		
160	5,0	20	60	4,5	26	10	39	40,6	79,2	51		
CV (%)	3,2	5,8	12,2	15,3	9,9	13,2	6,7	8,2	5,2	5,6		
Teste F												
S	12,72 ^{*2/}	0,24 ns	0,04 ns	108,86 ^{**}	2,92 ns	0,42 ns	23,19 ^{**}	4,51 ns	0,98 ns	14,77 [*]		
D	0,55 ns	1,19 ns	6,65 ^{**}	1,48 ns	0,70 ns	0,83 ns	0,20 ns	1,25 ns	0,54 ns	1,35 ns		
S x D	0,32 ns	1,36 ns	1,71 ns	0,63 ns	1,32 ns	0,88 ns	2,11 ns	1,02 ns	1,90 ns	0,97 ns		

^{1/}Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

^{2/}ns - não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro. * - Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro. ** - Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade de erro.

redução no V% dos sistemas em que a gramínea foi utilizada (Tabela 7), corroborando com ALMEIDA et al. (2008).

Aubos amídicos e amoniacais têm a propriedade acidificante do solo, pois, no processo de nitrificação, há liberação de íons H^+ (TAIZ & ZAIGER, 2004). Dessa forma, a adubação nitrogenada feita com uréia (N amídico) no milho consorciado com *B. ruzizensis* e no milho exclusivo, além da do feijoeiro, deve ter contribuído para a redução no pH e aumento no teor de H^+Al (CANTARELLA, 2007). BARBOSA FILHO et al. (2005) relatam que após três anos de cultivo com feijoeiro Pérola semeado no inverno, em função da aplicação de doses de N em cobertura (0 a 150 kg ha⁻¹), viauréia, houve redução de 0,3 (5,7 para 5,4) unidades de pH do solo, na camada de 0-0,20 metros.

SILVEIRA et al. (2010) trabalharam com oito espécies de plantas de cobertura, sendo sempre em seguida semeado o feijoeiro. Os rendimentos médios anuais de massa de matéria seca da parte aérea das coberturas foram 11,0 t - *B. brizantha*; 4,3 t - consorciação do milho com *B. brizantha*; 3,6 t - guandu; 6,6 t - milheto; 8,2 t - mombaça; 4,6 t - sorgo; 2,6 t - estilosantes; e 6,9 t - crotalária. Quatro anos após o início dos sistemas de cultivo, os autores realizaram coleta de solo e verificaram que o pH do solo foi maior na área com *B. brizantha* exclusiva (5,84) do que na área com consórcio de milho e *B. brizantha* (5,58) até a profundidade de 0,2 metros, com destaque para a diferença ainda maior encontrada na camada superficial de solo (0-0,05 metros).

Já o teor de potássio inicial (4,4 mmol_c dm⁻³) foi aumentado em 1,6 mmol_c dm⁻³ utilizando a *B. ruzizensis* exclusiva, quando comparado ao teor antes da implantação do trabalho, sendo que para os demais sistemas de cultivo os valores ficaram abaixo do teor inicial (Tabelas 1 e 7). TORRES & PEREIRA (2008), na implantação do sistema de semeadura direta, verificaram maior acúmulo de potássio em gramíneas, com 55% da liberação deste elemento pela palhada de *B. brizantha* nos primeiros 42 dias após a dessecação, mas apenas 19% pelo sorgo.

Para determinar a margem bruta de ganho na venda dos grãos de feijão, foram descritas duas situações: o preço da saca (60 kg) de grãos de feijão no momento da colheita e o preço mínimo estabelecido pela CONAB (2010).

Do ponto de vista econômico, a dose de N correspondente à maior produtividade de grãos muitas vezes não é a mais rentável (BINOTTI et al., 2009). Devido à possível contribuição com liberação de N e outros nutrientes presentes na palhada de *B. ruziziensis* e o desenvolvimento da microbiota do solo – favorecendo o processo simbiótico com as plantas de feijoeiro – pela liberação de compostos orgânicos do sistema radicular (FREIXO et al., 2002), nos tratamentos onde houve a aplicação de baixa dose de N em cobertura (40 kg ha^{-1}) ou sem sua aplicação, ocorreu boa viabilidade econômica na produção de grãos de feijão (Tabela 8).

Não houve margem bruta de ganho na venda dos grãos de feijão com as doses de N aplicadas em cobertura no feijoeiro em sucessão à *B. ruziziensis* exclusiva. No consórcio, apenas na dose de 40 kg ha^{-1} de N em cobertura houve margem bruta de ganho na venda dos grãos de feijão, sendo positiva em relação ao tratamento sem aplicação de N. Na sucessão com milho exclusivo, o aumento da produtividade pela aplicação de N em cobertura, se comportou de forma linear (Figura 5), e que, nesse caso, a melhor margem bruta de ganho na venda dos grãos de feijão foi alcançada na dose de 160 kg ha^{-1} de N (Figura 7).

Como a palhada de *B. ruziziensis* pode ter fornecido boa quantidade de N e outros nutrientes, pode ter melhorado os aspectos físicos, químicos e biológicos do solo e a fixação biológica de N, não houve margem bruta de ganho na venda dos grãos de feijão para a maioria das doses de N estudadas. Porém, com o aumento linear da produtividade do feijoeiro pela aplicação de doses crescentes de N em cobertura, cultivado sobre palhada de milho exclusivo, revela-se uma prática indispensável para aumentar o retorno financeiro da lavoura nessa sucessão.

BINOTTI et al. (2009) verificaram que, de modo geral, a uréia foi a fonte de N que proporcionou maior margem bruta de ganho na venda dos grãos de feijão em quase todos os tratamentos e que a aplicação de maiores doses de N (150 e 200 kg ha^{-1}), totalmente em semeadura ou $1/3$ na semeadura e $2/3$ em cobertura no estágio V_{4-4} do feijoeiro, não foram as que proporcionaram as maiores margens brutas de ganho, mas sim a aplicação de doses menores (50 kg ha^{-1}).

Tabela 8. Análise econômica simples da adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro cultivar Pérola, conduzido com aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão a *B. ruziziensis* exclusiva, consórcio milho e *B. ruziziensis* e milho exclusivo, no 1º ano do sistema de semeadura direta, utilizando o preço da saca de grãos de feijão na época da colheita e o preço mínimo estabelecido pela CONAB (2010).

Sucessão	Dose de N	Produtividade	Acréscimo			Custo da aplicação ^{3/}	Margem bruta de ganho (R\$ 55,00)	Margem bruta de ganho (R\$ 80,00)
			Produtividade	Valor de produção (R\$ 55,00) ^{1/}	Valor de produção (R\$ 80,00) ^{2/}			
		kg ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹			R\$ ha ⁻¹		
	0	2034	-	-	-	-	-	-
<i>B. ruziziensis</i>	40	2117	83	76,1	110,6	136,3	-60,2	-25,6
	80	2177	143	130,7	190,1	242,5	-111,8	-52,4
	120	2285	251	229,8	334,3	348,7	-118,9	-14,5
	160	2106	72	65,8	95,7	454,9	-389,1	-359,2
	0	2180	-	-	-	-	-	-
Consórcio	40	2376	195	179,1	260,5	136,3	42,8	124,2
	80	2343	163	148,9	216,6	242,5	-93,6	-25,9
	120	2381	201	184,0	267,7	348,7	-164,7	-81,0
	160	2316	136	124,7	181,3	454,9	-330,3	-273,6
	0	1463	-	-	-	-	-	-
Milho	40	1493	30	27,5	40,0	136,3	-108,8	-96,3
	80	1503	40	36,7	53,4	242,5	-205,8	-189,1
	120	1693	230	211,1	307,1	348,7	-137,6	-41,6
	160	2031	568	520,8	757,5	454,9	65,9	302,6

^{1/}Com base no preço médio de R\$ 55,00 por saca de 60 kg de grãos de feijão carioca, pago em Barretos (SP), 11 de novembro de 2009 (AGROLINK, 2009).

^{2/}Com base no preço médio de R\$ 80,00 por saca de 60 kg de grãos de feijão carioca (CONAB, 2010).

^{3/}Preço da uréia (agosto de 2009) = R\$ 1.194,91 t⁻¹ (IEA, 2009) e da aplicação da adubação de cobertura (agosto, 2009) = R\$ 30,07 ha⁻¹ (AGRANUAL, 2010).

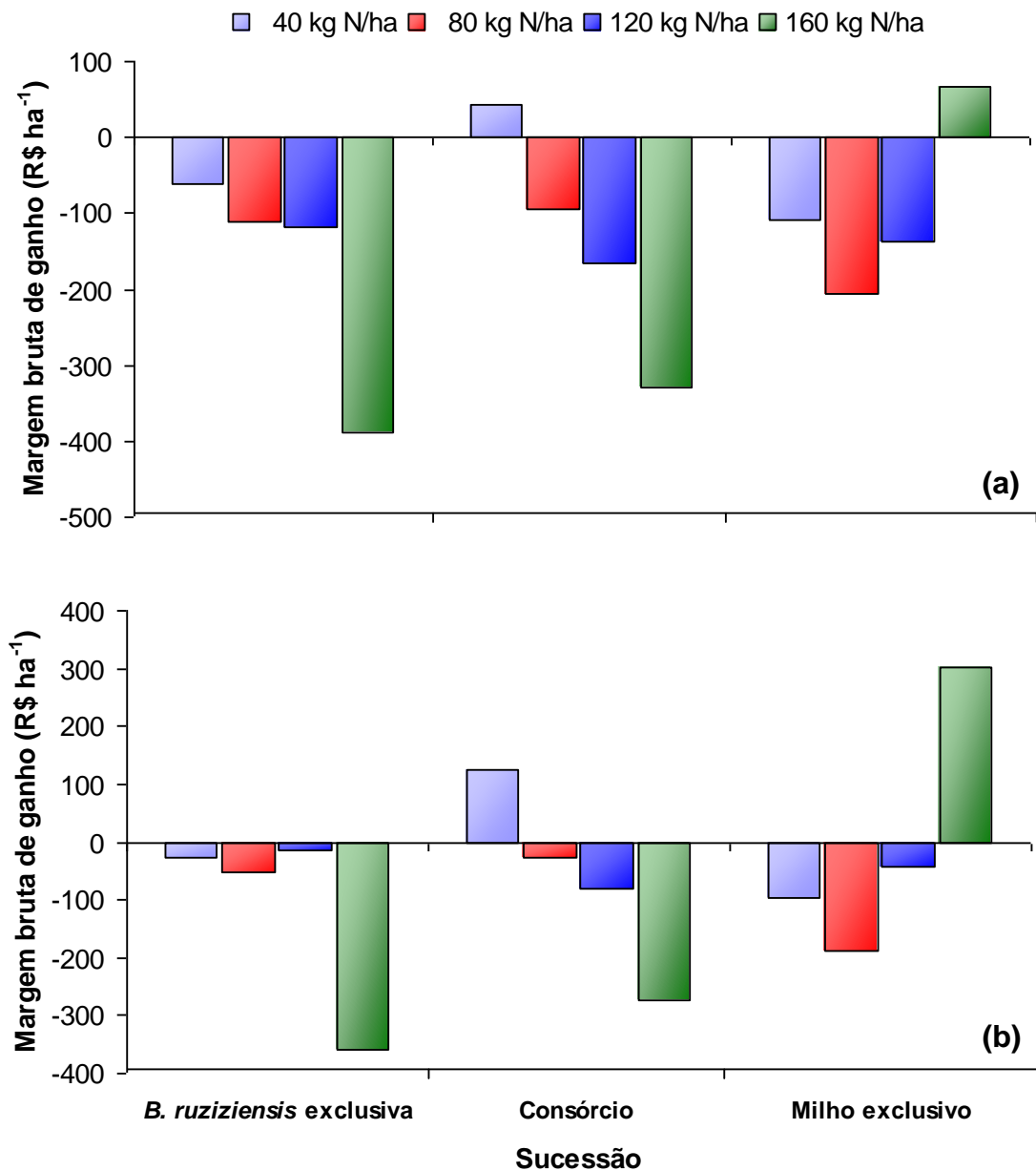


Figura 7. Margem bruta de ganho na venda dos grãos de feijão, com base no preço médio de R\$ 55,00 a saca (60 kg) de grãos de feijão carioca vendido em Barretos/SP em novembro de 2009 (a) e de R\$ 80,00 a saca (60 kg) (b), com preço da uréia a R\$ 1.194,91 t⁻¹ e custo da aplicação da adubação de cobertura a R\$ 30,07 ha⁻¹ em agosto de 2009.

Quando da avaliação do milho pela aplicação do N em cobertura no feijoeiro, é importante mencionar que cerca de 50% do N total absorvido pelo feijoeiro é exportado pelos grãos (SANTOS & SILVA, 2002) e o restante permanece no solo e na forma de

palhada. Dessa forma, esperava-se a ocorrência de alguma variação nos resultados obtidos dentre as doses de N utilizadas em cobertura no feijoeiro, sobre o milho, o que não foi constatado (Tabela 9). A possível fixação biológica de N por microrganismos ao feijoeiro e a adubação no milho com 148 kg ha^{-1} de N em todos os tratamentos, podem ter mascarados os resultados.

Considerando a importância da área foliar fotossinteticamente ativa durante o desenvolvimento do milho, consorciado ou não com *B. ruzizensis*, utilizando N residual da adubação nitrogenada realizada no feijoeiro cultivado anteriormente, foram realizadas contagem de folhas verdes nos estádios V₉, V₁₄, V_t, R₃ e R₅ (Figura 8).

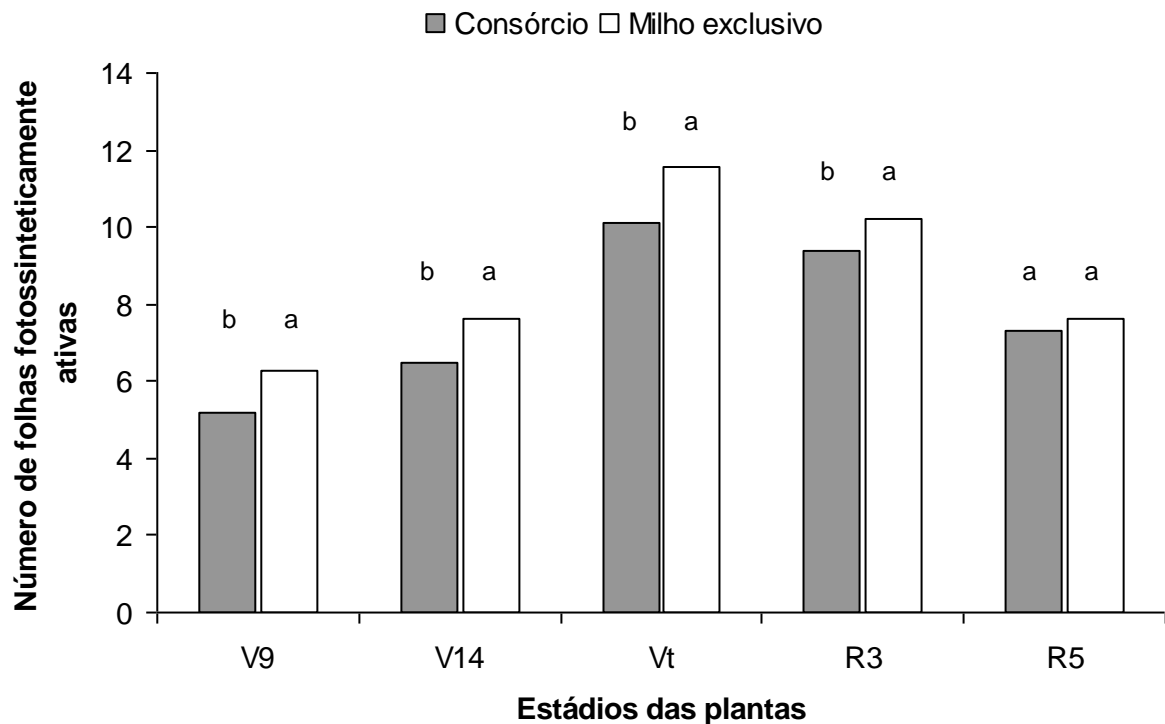


Figura 8. Número de folhas fotossinteticamente ativas em diferentes estádios de desenvolvimento do milho, conduzido de forma consorciada com *B. ruzizensis* e exclusivo, após o feijoeiro com diferentes doses de nitrogênio em cobertura no sistema de semeadura direta em consolidação. Médias não seguidas pela mesma letra nos estádios das plantas diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 9. Valores para F calculado das avaliações realizadas no milho, conduzido de forma consorciada com *B. ruziziensis* e exclusivo, após feijoeiro em diferentes doses de nitrogênio em cobertura em semeadura direta em consolidação.

	V ₉	V ₁₄	V _t nº	R ₃	R ₅	Nitrogênio foliar g kg ⁻¹
Sucessão (S)	21,48 ^{*/1/}	63,57*	18,93*	37,23*	1,56 ns	23,09*
CV (%)	11,24	5,46	8,60	4,03	7,82	3,75
Dose de N (D)	0,68 ns	1,14 ns	0,25 ns	0,33 ns	2,55 ns	2,26 ns
CV (%)	4,82	6,26	7,59	5,30	4,65	3,08
S x D	2,42 ns	0,42 ns	0,25 ns	0,88 ns	0,67 ns	0,36 ns
	Produtividade de grãos	Proteína bruta em grãos	Altura	Inserção da espiga principal	Densidade populacional final	Espigas por área
	kg ha ⁻¹	g kg ⁻¹	m	m	pl m ⁻²	esp m ⁻²
Sucessão (S)	0,77 ns	47,82*	3,00 ns	6,92 ns	29,61*	542,22**
CV (%)	13,73	1,79	1,94	1,54	2,10	0,51
Dose de N (D)	0,84 ns	2,11 ns	0,31 ns	0,59 ns	2,30 ns	2,63 ns
CV (%)	5,14	3,35	2,17	3,51	4,00	4,01
S x D	1,58 ns	0,48 ns	1,17 ns	0,49 ns	0,34 ns	1,69 ns
	Diâmetro de colmo	Diâmetro de ráquis	Grãos por fileira	Massa de 100 grãos	Comprimento de espiga	
	mm	mm	nº	g	cm	
Sucessão (S)	50,51*	36,24*	19,21*	67,80*	8,55 ns	
CV (%)	2,68	1,28	2,78	3,60	2,31	
Dose de N (D)	0,42 ns	0,17 ns	0,43 ns	1,26 ns	0,19 ns	
CV (%)	3,59	2,95	7,27	4,78	6,63	
S x D	0,41 ns	0,91 ns	0,28 ns	0,33 ns	0,43 ns	

^{1/}ns - não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro. * - Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro. ** - Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade de erro.

A competição pelos recursos, exercida pela *B. ruziziensis* ao milho, possivelmente afetou o número de folhas fotossinteticamente ativas, sendo esta observada em quase todo o desenvolvimento da cultura, incrementando a velocidade de senescência foliar. Porém, ao final do ciclo (estádio R5), o número de folhas fotossinteticamente ativas por planta se equiparou entre o milho exclusivo e consorciado (Figura 8). A *B. ruziziensis* pode ter promovido menor disponibilidade de N ao milho, o qual ficou no limite inferior da faixa recomendada, 27-35 g kg⁻¹ (RAIJ & CAMARGO, 1997). Sabe-se que o N é um elemento móvel no interior da planta, e que quando em deficiência, o nutriente desloca-se das folhas mais velhas para a manutenção das mais novas (PRADO, 2008), acarretando em maior senescência foliar das folhas basais.

Houve redução de 4,3% na produtividade e de 8,4% no teor de proteína bruta em grãos de milho cultivado em consórcio com *B. ruziziensis* (Tabela 10). Apesar de não significativa para a produtividade, a redução pode ser atribuída ao menor número de folhas fotossinteticamente ativas, principalmente no estágio Vt ($r = 0,40^*$) e a de proteína bruta ao teor de N foliar ($r = 0,59^{**}$) (Figura 8 e Tabela 10).

Vários resultados evidenciam a possibilidade ou não do consórcio simultâneo de braquiárias com o milho em semeadura direta. Entretanto, LARA-CABEZAS & PÁDUA (2007) não observaram diferença significativa na produtividade do milho consorciado ou não com espécies de *Brachiaria*. Contudo, BORGHI & CRUSCIOL (2007) encontraram menores produtividades de grãos de milho quando do uso de consórcio com *B. brizantha*. Assim, verificam-se dados divergentes, principalmente na questão da produtividade de grãos, dentre os trabalhos desenvolvidos nos últimos anos, com o sistema de cultivo exclusivo ou consorciado com *Brachiaria* spp.

A análise dos resultados referente à altura de plantas e inserção da espiga principal do milho não evidenciou diferença estatística pelo teste F, consorciado ou não com *B. ruziziensis*. De acordo com a empresa detentora da cultivar, o híbrido DKB 390YG deveria atingir altura média de 2,20 a 2,40 metros e a de inserção de espiga entre 1,25 a 1,40 metros. Todavia, no presente experimento, a altura de inserção da espiga principal foi superior a 1,40 metros.

Tabela 10. Produtividade de grãos, proteína bruta, altura de plantas, altura de inserção da espiga principal, densidade populacional final, número de espigas por área, diâmetro de colmo, teor de nitrogênio total no florescimento, diâmetro de ráquis, número de grãos por fileira, massa de 100 grãos e comprimento de espiga de milho, conduzido de forma consorciada com *B. ruziziensis* e exclusivo, após o feijoeiro no sistema de semeadura direta em consolidação.

Tratamentos	Produtividade de grãos	Proteína bruta em grãos	Altura	Inserção da espiga principal
	kg ha ⁻¹	g kg ⁻¹	m	
Sucessão				
Consórcio	7.007	80,1 b	2,27	1,43
Milho	7.322	87,4 a	2,29	1,45
	Densidade populacional final	Espigas por área	Diâmetro de colmo	Teor de N total no florescimento
	pl m ⁻²	esp m ⁻²	mm	g kg ⁻¹
Sucessão				
Consórcio	7,61 b ^{1/}	7,31 b	20,4 b	27,0 b
Milho	7,94 a	7,64 a	21,9 a	30,7 a
	Diâmetro de ráquis	Grãos por fileira	Massa de 100 grãos	Comprimento de espiga
	mm	nº	g	cm
Sucessão				
Consórcio	28,2 b	28,3 b	26,3 a	13,8
Milho	29,0 a	29,6 a	23,6 b	14,1

^{1/}Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A competição com a *B. ruziziensis* proporcionou densidade populacional final inferior ao milho exclusivo, afetando diretamente o número de espigas por área ($r = 0,78^{**}$) (Tabela 10).

Houve redução no diâmetro de colmo de plantas de milho consorciado, uma vez que a competição interespecífica pode resultar em plantas com colmos mais finos e com menor ganho de matéria seca, pois se trata de uma estrutura destinada ao armazenamento de fotoassimilados que poderão ser translocados à espiga (Tabela 10). Dessa forma, o diâmetro de ráquis da espiga do milho consorciado também foi prejudicado, sendo 0,8 cm menor que no sistema de cultivo exclusivo (Tabela 10). O menor teor de N nas folhas também pode ter prejudicado o diâmetro de colmo ($r = 0,51^{**}$) e por consequência, o diâmetro de colmo pode ter afetado o diâmetro de ráquis ($r = 0,47^{*}$) (Tabela 10).

O número de grãos por fileira em espigas de milho, produzidas em plantas cultivadas exclusivamente foi maior provavelmente ao alto teor de N encontrado nas folhas ($r = 0,42^*$), o que pode ter proporcionado maior número de óvulos fecundados (Tabela 10). Porém, o maior número de grãos por fileira pode ter influenciado a queda na massa de 100 grãos no sistema de cultivo com milho exclusivo, já que o comprimento de espiga não foi alterado (Tabela 10). Por sua vez, a menor massa de 100 grãos proporcionou grãos de menor tamanho, em função da classificação por peneiras de crivos oblongos e redondos (Figura 9).

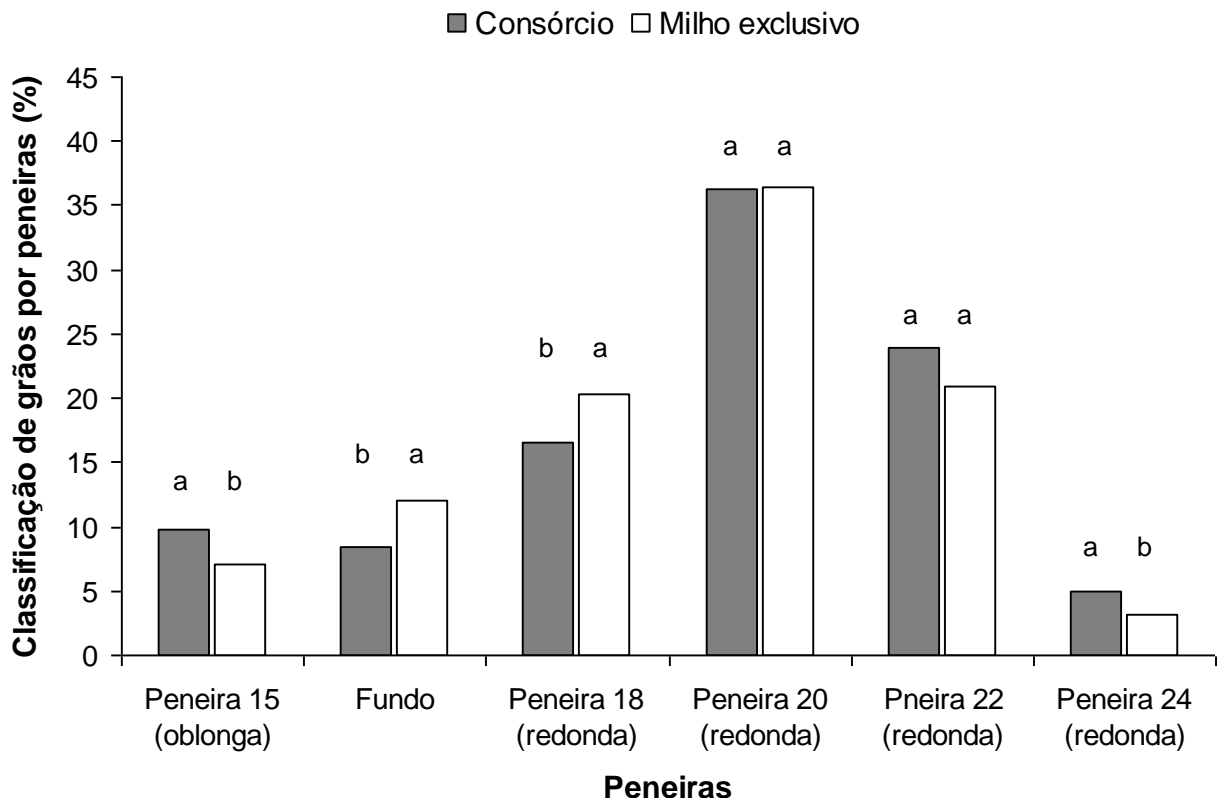


Figura 9. Resultados médios da classificação por peneiras de crivos oblongos e redondos de grãos de milho, conduzido de forma consorciada com *B. ruziziensis* e exclusivo, após o feijoeiro com diferentes doses de nitrogênio em cobertura no sistema de semeadura direta em consolidação. Médias não seguidas pela mesma letra em cada peneira diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Por fim, não houve mensuração de plantas quebradas e acamadas nos sistemas de cultivo que utilizaram o milho. No entanto, no dia 01/04/10 houve rajada máxima no

dia de 60,7 km h⁻¹, a mais forte constatada durante todo o ciclo da cultura, segundo dados da Estação Agroclimatológica do Campus da FCAV/UNESP – Jaboticabal. Na oportunidade, foi possível notar visualmente plantas quebradas e acamadas nos dois sistemas de cultivo.

Conclusões

1. Em sucessão ao milho exclusivo, a produtividade de grãos de feijão é influenciada pela adubação nitrogenada.

2. A margem bruta de ganho na venda dos grãos de feijão, na média, é melhor no sistema de cultivo utilizando o milho exclusivo na dose de 160 kg ha⁻¹.

3. Não há influência do nitrogênio residual, aplicado no feijoeiro cultivado anteriormente, sobre o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo do milho.

4. A presença da *B. ruzizensis* reduz a quantidade de proteína bruta nos grãos, a densidade populacional final de plantas, o número de espigas por área, o teor de nitrogênio total no florescimento, o diâmetro de ráquis, o número de grãos por fileira e a massa de 100 grãos na cultura do milho, sem afetar a produtividade de grãos.

REFERÊNCIAS

AGRIANUAL – Anuário da agricultura brasileira. **Feijão**. São Paulo: Agra FNP Pesquisas Ltda., 2010. p.520.

AGROLINK. **Cotações: feijão**. Disponível em <<http://www.agrolink.com.br/cotacoes/graos/feijao>>. Acesso em: 18/11/2009.

AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; SANTOS, A.B.; THUNG, M. **Recomendações técnicas para o cultivo do feijoeiro comum em várzeas tropicais irrigadas por subirrigação**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 12p. (Circular Técnica, 60).

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Pan evaporation method**. In: Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome:

FAO, 1998. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56). Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e08.htm#pan%20evaporation%20method>>. Acesso em: 18/02/2011.

ALMEIDA, V.P.; ALVES, M.C.; SILVA, E.C.; OLIVEIRA, S.A. Rotação de culturas e propriedades físicas e químicas em Latossolo Vermelho de Cerrado sob preparo convencional e semeadura direta em adoção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1227-1237, 2008.

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. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 2.ed, n.100, p.194-195, 1997. Boletim Técnico.

ANDRADE, R.V.; AUZZA, S.A.Z.; ANDREOLI, C.; NETTO, D.A.M.; OLIVEIRA, A.C. Qualidade fisiológica das sementes do milho híbrido simples HS 200 em relação ao tamanho. **Ciência e Agrotecnologia**, v.25, p.576-582, 2001.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**, Washington, 1995.

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

BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLAM, P.R.; GALLO, J.R. **Método de análise química de plantas**. Campinas: IAC, 1983. 48p. (Boletim Técnico,78).

BINOTTI, F.F.S. **Manejo do nitrogênio no feijoeiro de inverno em sucessão a milho e Brachiaria em sistema plantio direto**. 2009. 178p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2009.

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**, v.68, p.473-481, 2009.

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

BRASIL - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária – Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399 p.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V.; V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.) **Fertilidade do solo**. SBCS, p.375-470, 2007.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Política de garantia de preços mínimos**. Disponível em: <<http://consultaweb.conab.gov.br/consultas/consultaPgpm.do?method=acaoCarregarConsulta>>. Acesso em: 10/09/10.

CRUSCIOL, C.A.C.; LIMA, E.D.; ANDREOTTI, M.; NAKAGAWA, J.; LEMOS, L.B.; MARUBAYASHI, O.M. Efeito do nitrogênio sobre a qualidade fisiológica, produtividade e características de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v.25, p.108-115, 2003.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 306 p.

FAGERIA, N.K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, p.6-16, 1998.

FARINELLI, R. **Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à adubação nitrogenada de cobertura em dois sistemas de manejo de solo**. 2003. 75p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

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

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

FERREIRA, C.M.; DEL PELOSO, M.J.; FARIA, L.C. **Feijão na economia nacional**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa-CNPAF, 2002. 47p. (Documentos, 135).

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

FREIXO, A.A.; MACHADO, P.L.O.A.; GUIMARÃES, C.M.; SILVA, C.A.; FADIGAS, F.S. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.26, p.425-434, 2002.

GUERRA, A.F; RODRIGUES, G.C.; NAZERO, R.B. **Uso do tanque classe A para irrigação do feijão pérola no Cerrado**. Embrapa Cerrado, Planaltina. 2002. Comunicado técnico 84. 4p.

IEA – Instituto de economia agrícola. **Preços médios pagos**. Disponível em <<http://www.iea.sp.gov.br/out/banco/menu.php>>. Acesso em: 11/12/2009.

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

LOPES, A.S.; PAVANI, L.C.; CORÁ, J.E.; ZANINI, J.R.; MIRANDA, H.A. Manejo da irrigação (tensiometria e balanço hídrico climatológico) para a cultura do feijoeiro em sistemas de cultivo direto e convencional. **Engenharia Agrícola**, v.24, p.89-100, 2004a.

LOPES, A.S; WIETHOLTER, S.; GUILHERME, L.R.G.; SILVA, C.A.S. **Sistema plantio direto**: Bases para o manejo da fertilidade do solo. São Paulo, ANDA, 2004b. 110p.

MIRANDA, M.J.; PINTO, H.S.; ZULLO JÚNIOR, J.; FAGUNDES, R.M.; FONSECHI, D.B.; CALVE, L.; PELLEGRINO, G.Q. **Clima dos municípios paulistas**. CEPAGRI/UNICAMP. 2011. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>> Acesso em: 18/02/2011.

PRADO, R., M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora UNESP, p.83-120. 2008.

RAIJ, B., van; CAMARGO, C.E.O. Cereais. In: RAIJ, B., van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 2.ed, n.100, p.45-47, 1997. Boletim Técnico.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H. Milho para grão e silagem. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Org.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. n.100, Campinas: IAC, p.56-59, 1997. Boletim Técnico.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solos para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 52p. (Boletim Técnico, 81).

ROBERTS, T.L. **Princípios das melhores práticas de manejo de fertilizantes: produto correto, dose certa, época adequada e local adequado**. Informações Agronômicas, n.121. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute. p.11-12. 2008.

SANTOS, A.B. dos; FAGERIA, N.K. Manejo do nitrogênio para eficiência de uso por cultivares de feijoeiro em várzea tropical. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.42, p.1237-1248, 2007.

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

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, p.113-117, 1997.

SILVEIRA, P.M; CUNHA, P.C.R.; STONE, L.F.; SANTOS, G.G. Atributos químicos de solo cultivado com diferentes culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.40, p.283-290, 2010.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, p.285-307, 2004.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1609-1618, 2008.

WERNER, J.C.; PAULINO, V.T; CANTARELLA, H.; ANDRADE, N.O.; QUAGGIO, J.A. Forrageiras. In: RAIJ, B., van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Org.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. n.100, Campinas: IAC, p.263-273, 1997. Boletim Técnico.