

**CONSÓRCIO GRAMÍNEA x LEGUMINOSA E
ADUBAÇÃO NITROGENADA NO PLANTIO
DIRETO DO FEJJOEIRO**

CÍCERO MONTI TEIXEIRA

2007

CÍCERO MONTI TEIXEIRA

**CONSÓRCIO GRAMÍNEA x LEGUMINOSA E ADUBAÇÃO
NITROGENADA NO PLANTIO DIRETO DO FEIJOEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para a obtenção do título de “Doutor”.

Orientador

Prof. Gabriel José de Carvalho

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2007

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de
Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Teixeira, Cícero Monti

Consórcio gramínea x leguminosa e adubação nitrogenada no plantio direto do feijoeiro / Cícero Monti Teixeira. – Lavras : UFLA, 2007.

152 p. : il.

Orientador: Gabriel José de Carvalho

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

1.Feijão. 2. Consórcio gramínea x leguminosa. 3. Plantio direto. 4. Decomposição. 5. Liberação de nutrientes. 5. Fixação biológica de nitrogênio. 6. Adubação nitrogenada. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-635.652814

CÍCERO MONTI TEIXEIRA

**CONSÓRCIO GRAMÍNEA x LEGUMINOSA E ADUBAÇÃO
NITROGENADA NO PLANTIO DIRETO DO FEIJOEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para a obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 28 de maio de 2007

Prof. Dr. Antônio Eduardo Furtini Neto DCS/UFLA

Pesquisador Dr. José Mauro Valente Paes EPAMIG

Prof. Dr. Messias José Bastos de Andrade DAG/UFLA

Pesquisador. Dr. Moizés de Souza Reis EPAMIG

Prof. Dr. Gabriel José de Carvalho
DAG/UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

DEDICATÓRIA

A Deus, pela vida e pelas bênçãos

AGRADEÇO

A todos aqueles que, de forma socialmente justa e ambientalmente responsável, retiram do solo o sustento da humanidade

OFEREÇO

À minha mãe, Maria Aparecida Monti Teixeira; ao meu pai, Zoroastro Benício Teixeira e à minha irmã, Adriana Monti Teixeira, pelo apoio fundamental em todos os momentos de minha vida

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Patrícia, pelo companheirismo e apoio em todas as horas.

Ao meu cunhado Gilberto Vilas Boas Magalhães, pela amizade e incentivo.

À Universidade Federal de Lavras através do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, pela oportunidade de realização deste curso.

À CAPES e ao CNPq pela concessão das bolsas de estudos.

Ao Prof. Dr. Gabriel José de Carvalho, pela confiança e pela orientação desde a iniciação científica.

Ao Prof. Dr. Messias José Bastos de Andrade e ao Prof. Dr. Carlos Alberto Silva, pela co-orientação.

Aos colegas da Epamig Pesquisador Dr. José Mauro Valente Paes e Pesquisador Dr. Moisés de Souza Reis, pela participação na banca de defesa e pelas valiosas sugestões.

Aos Engenheiros Agrônomos Luís Gonzaga Carneiro e Luís Francisco de Rosa Macêdo, pelo apoio e incentivo na carreira agrônômica.

Aos funcionários do Departamento de Agricultura, Agnaldo, Alessandro, Corrêa, Júlio, Mário (Manguinha), João Batista (Pila) e, de forma especial, ao Sirlei, pela colaboração nos trabalhos a campo.

Aos colegas da pós-graduação que de uma forma ou de outra contribuíram durante a caminhada, muitos se tornando grandes amigos.

Ao acadêmico do curso de agronomia Leonardo Umemura, pela valiosa ajuda na realização dos trabalhos.

Aos funcionários e professores do Departamento de Agricultura.

Aos amigos de Lavras, Galvão, Rosa, Dona Agmar, Russo, Sônia, Wagner, Agmarzinha, Márcio Fiorini, Sérgio Umemura, Suzan, Guilherme e Taís.

E a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para esta conquista,

MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO GERAL	i
GENERAL ABSTRACT	ii
I – CRESCIMENTO E RENDIMENTO DO FEIJOEIRO SOB INFLUÊNCIA DE NITROGÊNIO E PALHADAS DE MILHETO SOLTEIRO E CONSORCIADO COM FEIJÃO-DE-PORCO	1
Resumo	1
Abstract	2
1 Introdução	3
2 Material e métodos	6
3 Resultados e discussão	10
4 Conclusões	20
5 Referências bibliográficas	21
II – DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE MACRONUTRIENTES DAS PALHADAS DE MILHETO E MILHETO+FEIJÃO-DE-PORCO NO PLANTIO DIRETO DO FEIJOEIRO	25
Resumo	25
Abstract	26
1 Introdução	27
2 Material e métodos	30
3 Resultados e discussão	34
4 Conclusões	46
5 Referências bibliográficas	47
III – NUTRIÇÃO MINERAL DO FEIJOEIRO SOB INFLUÊNCIA DE NITROGÊNIO E PALHADAS DE MILHETO SOLTEIRO E CONSORCIADO COM FEIJÃO-DE-PORCO	49
Resumo	49
Abstract	50
1 Introdução	51
2 Material e métodos	54
3 Resultados e discussão	58
4 Conclusões	70
5 Referências bibliográficas	71
IV – CRESCIMENTO E RENDIMENTO DO FEIJOEIRO SOB INFLUÊNCIA DE NITROGÊNIO E PALHADAS DE MILHETO SOLTEIRO E CONSORCIADO COM CROTALÁRIA	75
Resumo	75
Abstract	76
1 Introdução	77

2 Material e métodos.....	80
3 Resultados e discussão.....	84
4 Conclusões.....	88
5 Referências bibliográficas.....	89
V – DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE MACRONUTRIENTES DAS PALHADAS DE MILHETO E MILHETO+CROTALÁRIA NO PLANTIO DIRETO DO FEIJOEIRO	93
Resumo	93
Abstract.....	94
1 Introdução	95
2 Material e métodos.....	98
3 Resultados e discussão.....	102
4 Conclusões.....	114
5 Referências bibliográficas.....	115
VI – NUTRIÇÃO MINERAL DO FEIJOEIRO SOB INFLUÊNCIA DE NITROGÊNIO E PALHADAS DE MILHETO SOLTEIRO E CONSORCIADO COM CROTALÁRIA.....	117
Resumo	117
Abstract.....	118
1 Introdução	119
2 Material e métodos.....	122
3 Resultados e discussão.....	126
4 Conclusões.....	132
5 Referências bibliográficas.....	133
ANEXOS	137

LISTA DE ABREVIATURAS

SPD	sistema plantio direto
M.....	milheto
FP	feijão-de-porco
C.....	crotalária
C/N.....	carbono/nitrogênio
DAE	dias após a emergência
DAS	dias após a semeadura
DAM.....	dias após o manejo
FBN.....	fixação biológica de nitrogênio
FV	fontes de variação
GL.....	graus de liberdade
C.V. (%).....	coeficiente de variação
R ²	coeficiente de determinação

LISTA DE TABELAS

	Página	
TABELA II	Estandes inicial e final, produção de fitomassa, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de cem grãos e rendimento de grãos do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, sob doses de nitrogênio na base e em cobertura, em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+FP no SPD.....	11
TABELA I2	Massa de cem grãos e rendimento de grãos, com e sem inoculação + aplicação de Co e Mo no feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+FP, no SPD.....	19
TABELA III1	Acúmulos iniciais de fitomassa seca ($Mg\ ha^{-1}$) e macronutrientes ($kg\ ha^{-1}$) e teores de macronutrientes ($dag\ kg^{-1}$) das palhadas de M e M+FP	36
TABELA III1	Teores foliares de macro e micronutrientes do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, sob diferentes doses de nitrogênio na base e em cobertura, em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+FP no SPD	59
TABELA III2	Teores foliares de Cu do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, sob diferentes doses de N na semeadura em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+FP, no SPD.....	61
TABELA III3	Teores de N, K, Ca, Mg e Cu, com e sem inoculação e aplicação de Co e Mo no feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+FP, no SPD.....	68
TABELA IV1	Estandes inicial e final, produção de fitomassa, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de cem grãos e rendimento de grãos do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, sob doses de nitrogênio na semeadura e em cobertura, em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+C no SPD	85

TABELA VI	Acúmulos iniciais de fitomassa seca (Mg ha^{-1}) e macronutrientes (kg ha^{-1}) e teores de macronutrientes (dag kg^{-1}) das palhadas de M e M+C	105
TABELA VII	Teores foliares de macro e micronutrientes do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, sob diferentes doses de nitrogênio na semeadura e em cobertura, em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+C no SPD	127
TABELA VI2	Teores de Ca e Cu, com e sem inoculação e aplicação de Co e Mo no feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+C, no SPD.....	131
TABELA 1A	Características químicas de amostras da camada de 0-20 cm de profundidade antes e após o cultivo de M solteiro e consorciado com FP.....	139
TABELA 2A	Características químicas da camada de 0-20 cm antes e após o cultivo de M solteiro e consorciado com C	140
TABELA 3A	Resumo da análise de variância dos dados referentes aos estandes inicial e final, produção de fitomassa da parte aérea, rendimento de grãos e componentes primários do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, sob doses de nitrogênio na base e em cobertura, em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+FP no SPD	141
TABELA 4A	Valores de F calculado dos contrastes ortogonais entre os tratamentos com e sem inoculação e aplicação de Co e Mo no feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+FP, no SPD.....	142
TABELA 5A	Resumo da análise de variância dos dados referentes à decomposição e liberação de macronutrientes das palhadas de M e M+FP.....	143

TABELA 6A	Resumo da análise de variância dos dados referentes aos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, sob doses de nitrogênio na base e em cobertura, em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+FP no SPD.	144
TABELA 7A	Resumo da análise de variância dos dados referentes aos acúmulos de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, sob doses de nitrogênio na base e em cobertura, em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+FP no SPD.	145
TABELA 8A	Valores de F calculado dos contrastes ortogonais, para os teores de macro e micronutrientes, entre os tratamentos com e sem inoculação e aplicação de Co e Mo no feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+FP, no SPD.	146
TABELA 9A	Resumo da análise de variância dos dados referentes ao estande e final, produção de fitomassa da parte aérea, rendimento de grãos e componentes primários do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, sob doses de nitrogênio na base e em cobertura, em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+C no SPD.	147
TABELA 10A	Valores de F calculado dos contrastes ortogonais entre os tratamentos com e sem inoculação e aplicação de Co e Mo no feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+C, no SPD.	148
TABELA 11A	Resumo da análise de variância dos dados referentes aos acúmulos iniciais de fitomassa seca (F.S.) e macronutrientes das palhadas de M e M+C.	149
TABELA 12A	Resumo da análise de variância dos dados referentes aos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, sob diferentes doses de nitrogênio na base e em cobertura, em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+C no SPD.	150

- TABELA 13A Resumo da análise de variância dos dados referentes aos acúmulos de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, sob diferentes doses de nitrogênio na base e em cobertura, em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+C no SPD 151
- TABELA 14A Valores de F calculado dos contrastes ortogonais, para os teores de macro e micronutrientes, entre os tratamentos com e sem inoculação e aplicação de Co e Mo no feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+C, no SPD 152

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA II: Número de vagens por planta do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses de nitrogênio em cobertura no SPD.....	13
FIGURA I2: Massa de cem grãos do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses de nitrogênio em cobertura e em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+FP, no SPD.....	14
FIGURA I3: Produção de fitomassa da parte aérea do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses de nitrogênio na base da semeadura e em cobertura no SPD.....	15
FIGURA I4: Rendimento de grãos do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses de nitrogênio na base da semeadura e em cobertura no SPD.....	17
FIGURA II1: Massa seca remanescente das palhadas de M e M+FP, em avaliações realizadas no campo, sob a cultura do feijoeiro, até 72 DAM.....	35
FIGURA II2: Nitrogênio remanescente das palhadas de M e M+FP, em avaliações realizadas no campo, sob a cultura do feijoeiro, até 72 DAM.....	37
FIGURA II3: Nitrogênio, NH_4^+ e NO_3^- , no solo, sob as palhadas de M e M+FP, sob a cultura do feijoeiro em SPD, até 72 DAM das palhadas.....	39
FIGURA II4: Fósforo remanescente das palhadas de M e M+FP, em avaliações realizadas no campo, sob a cultura do feijoeiro, até 72 DAM.....	40
FIGURA II5: Potássio remanescente das palhadas de M e M+FP, em avaliações realizadas no campo, sob a cultura do feijoeiro, até 72 DAM.....	41

FIGURA II6:	Cálcio remanescente das palhadas de M e M+FP, em avaliações realizadas no campo, sob a cultura do feijoeiro, até 72 DAM	43
FIGURA II7:	Magnésio remanescente das palhadas de M e M+FP, em avaliações realizadas no campo, sob a cultura do feijoeiro, até 72 DAM	44
FIGURA II8:	Enxofre remanescente das palhadas de M e M+FP, em avaliações realizadas no campo, sob a cultura do feijoeiro, até 72 DAM	45
FIGURA III1:	Teor de N do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses de nitrogênio em cobertura no SPD	62
FIGURA III2:	Teor de K do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses de nitrogênio em cobertura no SPD	63
FIGURA III3:	Teor de S do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses de nitrogênio em cobertura no SPD	64
FIGURA III4:	Teor de Ca do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses de nitrogênio na semeadura e em cobertura no SPD	65
FIGURA III5:	Teor de Mg do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses de nitrogênio, na semeadura e em cobertura, em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+FP, no SPD	67
FIGURA VI1:	Massa seca remanescente das palhadas de M e M+C, em avaliações realizadas no campo, sob a cultura do feijoeiro, até 72 DAM	104
FIGURA V2:	Nitrogênio remanescente das palhadas de M e M+C, em avaliações realizadas no campo, sob a cultura do feijoeiro, até 72 DAM	106
FIGURA V3:	Nitrogênio-NH ₄ ⁺ no solo, sob as palhadas de M e M+C, sob a cultura do feijoeiro em SPD, até 72 DAM das palhadas	107

FIGURA V4:	Fósforo remanescente das palhadas de M e M+C, em avaliações realizadas no campo, sob a cultura do feijoeiro, até 72 DAM	108
FIGURA V5:	Potássio remanescente das palhadas de M e M+C, em avaliações realizadas no campo, sob a cultura do feijoeiro, até 72 DAM	110
FIGURA V6:	Cálcio remanescente das palhadas de M e M+C, em avaliações realizadas no campo, sob a cultura do feijoeiro, até 72 DAM	111
FIGURA V7:	Magnésio remanescente das palhadas de M e M+C, em avaliações realizadas no campo, sob a cultura do feijoeiro, até 72 DAM	112
FIGURA V8:	Enxofre remanescente das palhadas de M e M+C, em avaliações realizadas no campo, sob a cultura do feijoeiro, até 72 DAM	113
FIGURA VI1:	Teor de N do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses de nitrogênio em cobertura no SPD	129
FIGURA VI2:	Teor de Mg do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses de nitrogênio em cobertura no SPD	130
FIGURA 1A:	Variações diárias da temperatura média, precipitação pluviométrica, umidade relativa do ar e insolação, no período de março de 2005 a maio de 2006.	138

RESUMO

TEIXEIRA, Cícero Monti. **Consórcio gramínea x leguminosa e adubação nitrogenada no plantio direto do feijoeiro.** Lavras: UFLA, 2007. 152 p. (Tese – Doutorado em Agronomia/Fitotecnia)*

O objetivo foi avaliar a influência da adubação nitrogenada no rendimento de grãos do feijoeiro e seus componentes primários e na nutrição mineral da cultura sob palhada de milheto (*Pennisetum typhoides* (Burm.) Stapf) solteiro e consorciado com as leguminosas feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes* (L.) DC.) no inverno/primavera e crotalária (*Crotalaria juncea*) no verão/outono, além da decomposição e liberação de nutrientes das palhadas. O delineamento utilizado nos dois experimentos foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas. As parcelas foram constituídas pelas duas palhadas (milheto solteiro e consorciado) e as subparcelas pelo fatorial (2 x 4) + 1, representado por duas doses de N na semeadura (30 e 60 kg ha⁻¹) e quatro em cobertura (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹), mais um tratamento adicional. O tratamento adicional foi constituído pela dose de 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura, com inoculação das sementes do feijoeiro com *Rhizobium tropici* e aplicação foliar de Co e Mo. Nos estudos da decomposição e da liberação de nutrientes das palhadas foi utilizado o método das “litter bags”, em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas. As parcelas foram constituídas pelas duas palhadas e as subparcelas pelas épocas de avaliação ao longo do cultivo do feijoeiro (0, 8, 16, 24, 40, 56 e 72 dias após a semeadura). No experimento de inverno/primavera a resposta do feijoeiro às doses de N em cobertura para a massa de cem grãos foi menor na palhada do consórcio, não se refletindo no rendimento. O feijoeiro sob palhada de milheto+feijão-de-porco apresentou maior teor de N e Mg e menor teor de Ca. No experimento de verão/outono o maior rendimento de grãos foi obtido sob palhada de milheto, não havendo influência das palhadas na nutrição do feijoeiro. Os consórcios apresentaram maior produção de fitomassa e maior ciclagem de nutrientes em relação ao milheto solteiro.

* Comitê orientador: Gabriel José de Carvalho – UFLA (Orientador), Carlos Alberto Silva – UFLA e Messias José Bastos de Andrade – UFLA.

ABSTRACT

TEIXEIRA, Cícero Monti. **Grassy x leguminous intercropping and nitrogen fertilizer in bean no-till**. Lavras: UFLA, 2007. 152 p. (Thesis – Doctor's degree in Agronomy/Crop science)*

The objective was evaluate the nitrogen fertilization in bean grain yield and its primary compounds and in the crop mineral nutrition under straws of single millet (*Pennisetum typhoides* (Burm.) Stapf) and millet plus jack bean (*Canavalia ensiformes* (L.) DC.) intercropping in winter/spring epoch and millet and millet plus *Crotalaria juncea* intercropping in summer/autumn epoch also the decomposition and nutrient release of the straws. Two experiments were carried out at Federal University of Lavras (Lavras, Minas Gerais state, Brazil) in a randomized blocks design and four replications in split plot arrangement, with the straws in the plots and nitrogen levels at sowing (30 e 60 kg ha⁻¹) and at topdressing (0, 40, 80 and 120 kg ha⁻¹) in a factorial (2 x 4) + 1 in sub-plots, plus an additional treatment with 30 kg ha⁻¹ at sowing and bean seeds inoculation by *Rhizobium tropici* with Co and Mo foliar appliance. In straws decomposition and nutrient release studies were utilized the litter bags method, in randomized blocks design and four replications in split plot arrangement. The plots were composed by the straws and the sub-plots by the evaluation epochs (0, 8, 16, 40, 56 e 72 days). In winter/spring experiment the hundred grain weight present the minor values occurring on millet straws at minor nitrogen levels, but don't reflecting in the grain yield. Under intercropping straw the bean presented the bigger N and Mg and minor Ca foliar contents. In summer/autumn experiment the greatest grain yield was obtained under single millet straw, without straws influence in bean mineral nutrition. The grass x leguminous intercroppings presented the greatest biomass production and nutrients recycle compared with single millet.

* Guidance committee: Gabriel José de Carvalho – UFLA (Adviser), Carlos Alberto Silva – UFLA e Messias José Bastos de Andrade – UFLA.

I – CRESCIMENTO E RENDIMENTO DO FEIJOEIRO SOB INFLUÊNCIA DE NITROGÊNIO E PALHADAS DE MILHETO SOLTEIRO E CONSORCIADO COM FEIJÃO-DE-PORCO*

(Preparado de acordo com as normas da revista “Pesquisa Agropecuária Brasileira”)

Resumo – O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes doses de nitrogênio no cultivo do feijoeiro de inverno/primavera, cultivado no SPD, em seqüência à aplicação de palhadas de M (*Pennisetum typhoides* (Burm.) Stapf) e M+FP (*Canavalia ensiformes* (L.) DC.). O estudo foi conduzido no campo experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, MG, Brasil, utilizando-se o delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas. As parcelas foram constituídas pelas duas palhadas (M e M+FP) e as subparcelas pelo fatorial (2 x 4) + 1, representado por duas doses de N na semeadura (30 e 60 kg ha⁻¹) e quatro em cobertura (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹), mais um tratamento adicional, constituído pela dose de 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura, com inoculação das sementes do feijoeiro com *Rhizobium tropici* e aplicação foliar de Co e Mo. Foram avaliados os estandes inicial e final, a produção de fitomassa da parte aérea e o rendimento de grãos do feijoeiro, bem como seus componentes primários. A palhada de milho proporcionou maior número de grãos por vagem. A maior dose de N na base reduziu os estandes inicial e final, aumentando o número de vagens por planta e a massa de cem grãos. O número de vagens por planta aumentou de forma quadrática com as doses de N em cobertura, até 116 kg ha⁻¹, com a massa de 100 grãos aumentando de forma linear em ambas as palhadas, tendo a palhada exclusiva de M proporcionado menores massas nas menores doses de N. A produção de fitomassa da parte aérea respondeu à aplicação de N em cobertura apenas na dose de base de 30 kg ha⁻¹, atingindo valor máximo na dose de 75 kg ha⁻¹ de N em cobertura. A aplicação de N em cobertura proporcionou aumentos lineares no rendimento de grãos e a resposta mais expressiva foi obtida quando foram utilizados 30 kg ha⁻¹ de N na base. A inoculação e a aplicação de Co e Mo aumentaram a massa de cem grãos e o rendimento em ambas as palhadas.

Termos para indexação: Sistema plantio direto, consórcio gramínea x leguminosa, adubação verde, fixação biológica de nitrogênio.

* Comitê Orientador: Gabriel José de Carvalho – UFLA (Orientador), Carlos Alberto Silva – UFLA e Messias José Bastos de Andrade – UFLA.

BEAN GROWTH AND GRAIN YIELD INFLUENCED BY NITROGEN AND STRAWS OF MILLET AND MILLET PLUS JACK BEAN INTERCROPPING*

Abstract – This work aimed to evaluate different levels of nitrogen fertilization on winter/spring bean no-till under straws from millet (*Pennisetum typhoides* (Burm.) Stapf) and millet plus jack bean (*Canavalia ensiformes* (L.) DC.) intercropping. The experiment was carried out at Federal University of Lavras (Lavras, Minas Gerais state, Brazil) in a randomized blocks design and four replications in split plot arrangement, with the straws in the plots and nitrogen levels at sowing with (30 e 60 kg ha⁻¹) and at topdressing (0, 40, 80 and 120 kg ha⁻¹) in a factorial (2 x 4) + 1 in sub-plots, plus an additional treatment with 30 kg ha⁻¹ at sowing and bean seeds inoculation by *Rhizobium tropici* with Co and Mo foliar appliance. The initial and final stands, biomass production, grain yield and its primary compounds was evaluated. The millet straw provide bigger number of grain per pod. The largest nitrogen level at sowing reduced the initial and final stands increasing the pod per plant and hundred grain weight. Pod per plant was influenced also by the topdressing levels, increasing until 116 kg ha⁻¹, with hundred grain weight present a linear increase in two straws, with the minor values occurring on millet straws at minor nitrogen levels. The biomass production was affected by the topdressing levels only with 30 kg ha⁻¹ at sawing, reaching the maximum value at 75 kg ha⁻¹ N topdressing. The topdressing provided linear increases in the grain yield, with the bigger answer when was applied 30 kg ha⁻¹ at sowing. The inoculation with Co and Mo pulverization application increased the hundred grain weight and grain yield in two straws.

Index terms: No-till, grassy x leguminous intercropping, cover crops, nitrogen biology fixation.

* Guidance committee: Gabriel José de Carvalho – UFLA (Adviser), Carlos Alberto Silva – UFLA e Messias José Bastos de Andrade – UFLA.

1 INTRODUÇÃO

O sucesso na implantação e no estabelecimento do SPD está intimamente relacionado com a alta produção de fitomassa nos sistemas de rotação, sem a qual os objetivos e vantagens dessa forma de cultivo não são alcançados. A quantidade de palha oriunda de restos vegetais da cultura principal, mesmo daquelas culturas que retornam alta quantidade de matéria orgânica ao solo, ainda é insuficiente para que a cobertura e a qualidade do solo sejam aumentadas, havendo a necessidade de utilização de culturas destinadas à produção de palha.

Silveira & Stone (2001), testando diferentes sistemas de cultivo durante cinco anos, não verificaram aumento dos níveis de matéria orgânica no SPD, o que foi atribuído à ausência de espécies produtoras de palha, associada às altas temperaturas e à prática da irrigação, que favoreceram a decomposição da matéria orgânica.

Em relação à persistência da palhada no solo, destaca-se como fator fundamental a relação C/N do material depositado na superfície. Contudo, os teores de lignina e celulose, a presença de fenóis e a carga de nutrientes presentes nos resíduos influenciam, do mesmo modo, a taxa de decomposição do material incorporado ao solo (Kogel-Knabner, 2002) e o balanço dos processos de imobilização/mineralização. Materiais com maior relação C/N, como as gramíneas, permanecem por mais tempo no solo. Porém, quando no início da decomposição, há tendência de maior imobilização de nutrientes, já que a quantidade dos mesmos na palha, principalmente N, não é adequada para a microbiota decompositora, o que implica em imobilização e diminuição da disponibilidade para as culturas. Por outro lado, a utilização de leguminosas para produção de palha constitui um manejo favorável ao aumento do teor e da

disponibilidade de N nos solos, com o inconveniente da sua rápida decomposição, o que propicia ao solo pouca cobertura.

Uma alternativa é a utilização do consórcio entre gramíneas e leguminosas para a produção de palha no SPD. O consórcio entre gramíneas e leguminosas produz uma palhada com relação C/N intermediária àquela dos cultivos isolados, o que leva a menor taxa de decomposição em relação aos resíduos de leguminosas, proporcionando cobertura de solo por mais tempo e maior sincronização entre o fornecimento de N pela palhada e as fases de maior demanda das culturas pelo nutriente. Além disso, a liberação de nutrientes é mais rápida, devido à decomposição mais acelerada da fitomassa proveniente da leguminosa, disponibilizando-os mais rapidamente para a cultura principal (Giacomini et al., 2003). Conforme a quantidade de biomassa produzida e o fornecimento de N pela leguminosa, a adição de palha antecedendo a cultura principal pode ser suficiente para atender à exigência nutricional da cultura em sucessão e isso implica, em alguns esquemas de rotação, em substituição parcial ou total do N suprido pelo adubo mineral (Burle et al., 1997).

Oliveira et al. (2002) testaram a influencia das palhadas de M, sorgo, milho, mucuna-preta, FP e dos consórcios das gramíneas com as leguminosas no rendimento de grãos e seus componentes primários do feijoeiro. Os melhores resultados foram obtidos sob palhada de M e as menores produções ocorreram sob palhada exclusiva das leguminosas e nos consórcios de milho+FP e sorgo+mucuna-preta. Nas demais palhadas, os rendimentos de grãos não foram diferentes do M e também não diferiram dos menores valores. Já Teixeira et al. (2005) encontraram maior produção de grãos do feijoeiro sob palhada de M+FP, em comparação com palhadas produzidas pelas mesmas em cultivo solteiro, viabilizando a utilização dos consórcios entre gramíneas e leguminosas para produção de palha no SPD.

A cultura do feijão tem se mostrado bastante responsiva à aplicação de nitrogênio, sendo necessário utilizar doses superiores a 100 kg ha^{-1} para garantir a extração do nutriente associada a altas produções (Oliveira et al., 1996). Alguns autores encontraram respostas lineares a aplicações de doses de nitrogênio superiores a 100 kg ha^{-1} (Silva, 1988; Teixeira et al., 2000; Rodrigues, 2001; Xavier, 2002; Carvalho et al., 2003 e Romanini Júnior et al., 2005).

O cultivo do feijão no inverno/primavera, com semeadura em julho/agosto, apesar de pouco difundida no Sul de Minas Gerais, mostra-se uma ótima opção para os produtores que utilizam irrigação no SPD. Esta época permite o aproveitamento do intervalo entre a semeadura das plantas de cobertura, em março, e a da cultura de verão, em novembro, para exploração de mais uma cultura, diluindo os custos fixos e aumentando, conseqüentemente, a viabilidade econômica da atividade agrícola (Teixeira, 2004).

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de doses de nitrogênio na base e em cobertura, no feijão de inverno/primavera cultivado em seqüência à adição de palhadas de M e M+FP em Latossolo sob SPD.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em área experimental localizada no Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no período de março a novembro de 2005. A área vinha sendo conduzida sob SPD há quatro anos, alternando períodos de pousio com o cultivo de feijão. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico típico (EMBRAPA, 2000) e seus atributos químicos são apresentados na Tabela 1A. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, temperado úmido, com verão quente e inverno seco (Vianello & Alves, 1991). A irrigação por aspersão convencional foi controlada monitorando-se a umidade do solo por meio de três tensiômetros instalados à profundidade de 15 cm, aplicando-se uma lâmina de 18 mm sempre que a tensão de água no solo atingia a faixa de 30 a 40 kPa (Silveira & Stone, 2004). Os dados climáticos são apresentados na Figura 1A.

Na área sob pousio foram aplicados 2 L ha⁻¹ do herbicida glifosato, com pulverizador tratorizado com 250 L ha⁻¹ de calda, visando dessecar a vegetação existente. Posteriormente, procedeu-se ao sulcamento com semeadora adubadora de plantio direto de três linhas, com tração mecanizada, e à semeadura manual das plantas de cobertura, sem adubação, no dia 11 de março de 2005. O FP foi semeado na densidade de 8 sementes por metro linear (Calegari et al., 1992) e o M (cultivar ADR-500), na densidade de 15 kg ha⁻¹ (Pereira Filho et al., 2003). O espaçamento utilizado foi de 0,5 m, com semeadura simultânea de linhas alternadas no caso do consórcio.

O manejo químico das plantas de cobertura foi realizado no dia 1º de agosto de 2005, quando o M se encontrava com grãos farináceos e o FP no final da floração/início da frutificação. A dessecação foi realizada com glifosato, aplicando-se 5 L ha⁻¹ com pulverizador costal, com volume de calda de 300 L ha⁻¹. Com esse manejo, toda a parte aérea do M foi dessecada, porém, algumas

plantas de FP permaneceram vivas e foram cortadas com roçadora costal motorizada, às vésperas da semeadura do feijão. As produções de fitomassa seca do M solteiro e do consórcio com FP foram de 2,364 e 4,182 Mg ha⁻¹, respectivamente, com o feijão de porco contribuindo com 72,9 % da produção do consórcio.

A semeadura direta do feijoeiro foi realizada 15 dias após a dessecação das plantas de cobertura. A área foi sulcada com a mesma semeadora adubadora utilizada anteriormente para semeadura das plantas de cobertura. Após a demarcação das parcelas experimentais, procedeu-se à distribuição manual dos adubos e sementes. Aos 15 DAE, foi feita a contagem de todas as plantas da área útil da parcela para determinação do estande inicial.

O delineamento estatístico foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas. As parcelas foram constituídas pelas palhadas de M (*Pennisetum typhoides* (Burm.) Stapf) e seu consórcio com FP (*Canavalia ensiformes* (L.) DC.) e as subparcelas pelas combinações entre duas doses de N na semeadura (30 e 60 kg ha⁻¹) e quatro doses de N em cobertura (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹). O tratamento adicional foi constituído pela dose de base de 30 kg ha⁻¹ de N, sem cobertura, com inoculação das sementes do feijoeiro com *Rhizobium tropici* e aplicação foliar de Co e Mo.

A adubação de base constou da aplicação de 320 kg ha⁻¹ da fórmula NPK 08-28-16, utilizando-se uréia para complementar as adubações nitrogenadas de base para 30 e 60 kg ha⁻¹, conforme os tratamentos. Para adubação de cobertura também foi utilizada a uréia, em duas aplicações, aos 20 e 30 DAE, aplicando-se 12 mm de água após cada cobertura para incorporação. Nos tratamentos adicionais, as sementes foram inoculadas com inoculante turfoso preparado pelo Laboratório de Microbiologia do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA. Para 10 kg de sementes foram utilizados 100 g do inoculante com a estirpe UFLA 02-100 de *Rhizobium tropici*. As aplicações de

Co e Mo foram feitas com pulverizador costal, aplicando-se 60 g ha⁻¹ de Mo aos 20 DAE (Chagas et al., 1999) e 25 g ha⁻¹ de Co (Junqueira Netto et al., 2001), divididos em duas aplicações, aos 20 e 30 DAE. Cada subparcela foi constituída por cinco linhas de 5 m de comprimento, no espaçamento de 0,5 m, com 4,5 m² de área útil (três linhas de 3 m).

Aos 30 DAE, procedeu-se à aplicação de mistura comercial (1 L ha⁻¹, 300 L ha⁻¹ de calda) dos herbicidas fomezafen e fluazifop p-butyl, para controle das plantas daninhas em pós-emergência.

A cultivar de feijoeiro foi a BRS-MG Talismã, desenvolvida pelo convênio UFLA/UFV/Epamig/Embrapa e recomendada para Minas Gerais. Apresenta grãos tipo carioca, crescimento indeterminado com guias longas (tipo III), porte prostrado, ciclo médio de 85 dias, resistência à raça alfa Brasil (patótipo 89) de antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e ao mosaico comum (VMCF) e resistência intermediária à mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*) (CULTIVAR, 2002).

Quando 50% das plantas se encontravam com flores abertas, foram coletadas aleatoriamente, dentro da área útil, cinco plantas por subparcela, as quais foram secas em estufas de circulação forçada de ar, para a determinação da produção de fitomassa seca, utilizando-se a massa média das cinco plantas multiplicada pelo estande final.

A colheita foi realizada aos 97 DAS, avaliando-se o rendimento de grãos e seus componentes primários (estande final, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa média de cem grãos). Determinou-se a umidade corrigindo-se a massa de 100 grãos e o rendimento, considerando-se 13% de umidade nos grãos (Associação Brasileira de Ensino Agrícola Superior, 1987).

Os dados experimentais foram submetidos a testes de homogeneidade de variância. Como os dados apresentaram variâncias homogêneas, procedeu-se à

análise de variância, sem necessidade de transformação. Os efeitos das palhadas e doses de N na semeadura foram avaliados pelo teste de F, a 5% de probabilidade. Os efeitos das doses de nitrogênio em cobertura foram estudados por meio de análises de regressão e, nos casos em que a interação foi significativa, procedeu-se ao desdobramento (Gomes, 2000) das doses em cobertura dentro das palhadas e das doses de base. Quando necessário para complementar a discussão, desdobraram-se as palhadas e doses de base dentro das doses de cobertura. Os tratamentos adicionais foram comparados com os tratamentos de doses correspondentes de N do fatorial, com o emprego de dois contrastes ortogonais (Zimmermann, 2004), visando verificar o efeito da inoculação e aplicação de Co e Mo em cada palhada.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou efeitos significativos das palhadas sobre o número de grãos por vagem e a massa de cem grãos e das doses de N na semeadura sobre os estandes inicial e final, número de vagens por planta, massa de cem grãos e rendimento (Tabela 3A). As doses de N em cobertura influenciaram a produção de fitomassa, o número de vagens por planta, a massa de cem grãos e o rendimento. A interação entre palhadas e doses de N em cobertura mostrou-se significativa para a massa de 100 grãos, ao passo que a interação entre as doses de N na base e em cobertura foi significativa para a produção de fitomassa e o rendimento de grãos.

A palhada de milho proporcionou maior número de vagens por planta (Tabela I1). A maior dose de N na semeadura reduziu os estandes inicial e final, na mesma magnitude (Tabela I1). Este fato, provavelmente, se deveu à salinidade do fertilizante, a qual pode ter provocado mortalidade de plântulas, não sendo a irrigação suficiente para evitá-la. Em ambas as doses, o estande final ficou aquém do ideal que, segundo Silva (1996), é de cerca de 240 mil plantas por hectare.

TABELA II Estandes inicial e final, produção de fitomassa, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de cem grãos e rendimento de grãos do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, sob doses de nitrogênio na base e em cobertura, em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+FP no SPD. UFLA, Lavras, MG, 2005¹.

	<i>Estande inicial</i> (plantas ha ⁻¹)	<i>Estande final</i> (plantas ha ⁻¹)	<i>Fitomassa</i> (kg ha ⁻¹)	<i>Vagens/planta</i>	<i>Grãos/vagem</i>	<i>Massa 100</i> <i>grãos (g)</i>	<i>Rendimento</i> (kg ha ⁻¹)
M	223.195	176.181	985	12,2	4,3 a	23,64	1.804
M+FP	214.375	177.083	967	12,9	4,1 b	24,59	1.756
30	227.500 a	183.125 a	1002	11,1 b	4,3	23,77 b	1.705
60	210.069 b	170.139 b	951	14,1 a	4,2	24,47 a	1.854
0	222.500	176.389	822	8,8	4,2	22,98	1.293
40	213.472	179.722	1048	11,9	4,3	23,71	1.751
80	214.306	172.639	1014	15,0	4,3	24,63	1.929
120	224.861	177.778	1021	14,6	4,1	25,17	2.146

¹Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente, pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

Apesar de ter reduzido o estande, a maior dose de N na semeadura proporcionou aumento do número de vagens por planta (Tabela I1), o que pode estar associado à menor competição intra-específica, devido à redução da população. Teixeira et al. (2000), trabalhando com diferentes densidades de semeadura e doses de N, verificaram que o número de vagens por planta foi reduzido com o aumento da população, principalmente nas maiores doses de N, o que se justifica pelo maior crescimento vegetativo das plantas com a aplicação do nutriente.

De acordo com Oliveira et al. (1996), a deficiência de N reduz a formação de ramos e o desenvolvimento de flores, reduzindo, conseqüentemente, o número de vagens por planta. Verifica-se, na Figura I1, que a aplicação de N em cobertura proporcionou acréscimo nesta variável até a dose de 116 kg ha⁻¹, passando de menos de 9 vagens por planta, sem aplicação de N, para mais de 15. Este comportamento assemelha-se ao observado por Guerra et al. (2000), segundo o qual houve aumento do número de vagens por planta até doses próximas a 160 kg ha⁻¹. Já Teixeira et al. (2000) encontraram respostas lineares para aplicações totais de N até 150 kg ha⁻¹ (2/3 na semeadura), verificando maior resposta na safra de inverno/primavera.

No presente estudo, o número máximo de vagens por planta pode ter sido obtido com menor dose de N, devido ao fato de os estandes terem ficado aquém do ideal, reduzindo a demanda por N da cultura e favorecendo o crescimento e a produção individual de vagens das plantas.

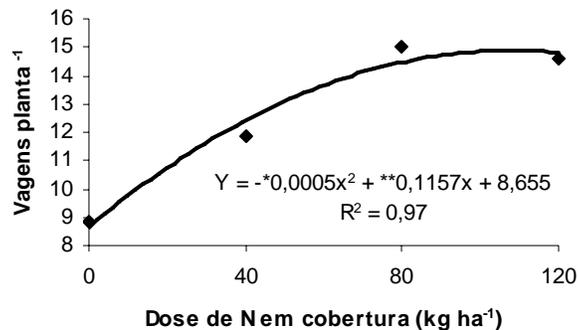


FIGURA II: Número de vagens por planta do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses de nitrogênio em cobertura no SPD. UFLA, Lavras, MG, 2005.

A massa de cem grãos apresentou maior valor na dose de 60 kg ha⁻¹ (Tabela II), o que também pode estar associado à menor competição intra-específica, devido à redução da população. Andrade et al. (1998) não verificaram efeito da adubação nitrogenada na base da semeadura (0, 20 e 40 kg ha⁻¹) sobre a massa de cem grãos. Segundo os autores, o nitrogênio está sujeito a perdas no solo e o enchimento de grãos ocorre mais tardiamente, não sendo influenciado pela dose de nitrogênio na semeadura.

Na Figura I2 observa-se que a massa de cem grãos também foi influenciada pelas doses de nitrogênio em cobertura, respondendo linearmente às doses crescentes de N em ambas as palhadas, porém, de forma distinta. Sob M+FP, nas menores doses de N em cobertura (0 e 40 kg ha⁻¹), a massa de cem grãos foi superior ao cultivo sob palhada exclusiva de M. Os dados ainda demonstram que, na palhada formada pelo consórcio, a massa de cem grãos, sem aplicação de N, foi equivalente à obtida sob M na dose de 69 kg ha⁻¹ de N. Isso, possivelmente, se deveu à maior ciclagem de N por meio da decomposição da

leguminosa presente no consórcio (Tabela II1), proporcionando maiores teores de N no solo sob esta palhada (Figura II3).

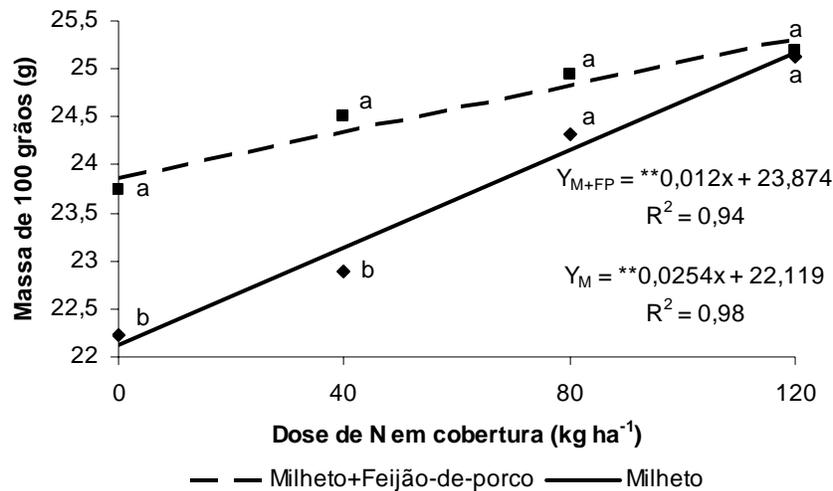


FIGURA I2: Massa de cem grãos do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses de nitrogênio em cobertura e em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+FP, no SPD. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada dose de N em cobertura, não diferem entre si pelo teste de F a 5% de probabilidade.

O feijoeiro respondeu em produção de fitomassa da parte aérea à aplicação de N em cobertura apenas na dose de base de 30 kg ha⁻¹, atingindo valor máximo na dose de 74,85 kg ha⁻¹ de N em cobertura (Figura I3). A produção de fitomassa com a aplicação de 80 kg ha⁻¹ na menor dose de base foi estatisticamente superior à obtida com a mesma dose em cobertura na maior dose de base. A obtenção de maiores produções de fitomassa na menor dose de N na base, provavelmente, se deva ao maior estande final. Farinelli et al. (2006) verificaram resposta linear da produção de fitomassa da parte aérea à adubação

nitrogenada em cobertura até 160 kg ha⁻¹, mas no seu trabalho a semeadura ocorreu em dezembro, quando as maiores temperaturas favorecem o crescimento.

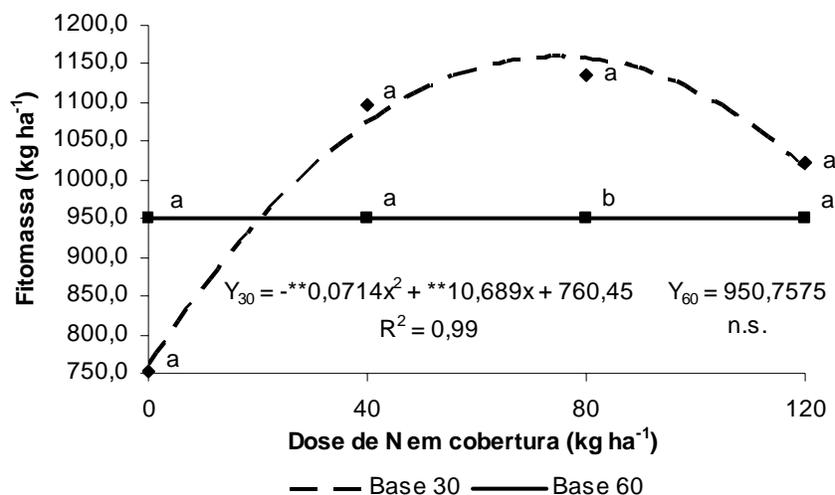


FIGURA I3: Produção de fitomassa da parte aérea do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses de nitrogênio na base da semeadura e em cobertura no SPD. UFLA, Lavras, MG, 2005. Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada dose de N em cobertura, não diferem entre si pelo teste de F a 5% de probabilidade.

Apesar da influência da interação entre palhadas e doses de nitrogênio em cobertura sobre a massa de cem grãos, este comportamento não refletiu no rendimento de grãos, provavelmente em função do maior coeficiente de variação (Tabela 3A). Já a interação entre doses de N na semeadura e doses de N em cobertura foi significativa, com respostas lineares em rendimento de grãos à aplicação de N em cobertura, em ambas as doses de N na semeadura (Figura I4). Com a aplicação de 60 kg ha⁻¹ na base, obtiveram-se maiores produções, nas menores doses de N em cobertura (0 e 40 gk ha⁻¹). No entanto, as maiores

produções foram obtidas na maior dose de N em cobertura, não se diferenciando entre as doses de 30 e 60 kg ha⁻¹ na semeadura. Assim, pode-se afirmar que a maior dose de N na semeadura não proporcionou incremento no rendimento de grãos.

Farinelli et al. (2006), comparando a resposta do feijoeiro a cinco doses de N em cobertura (0 a 160 kg ha⁻¹) no SPD, em sucessão às gramíneas aveia preta e milheto, e convencional, também verificaram resposta linear no SPD; no sistema convencional, a resposta foi quadrática, indicando maior demanda por N no SPD.

Com a evolução das cultivares e das técnicas de cultivo, o feijoeiro tem se mostrado cada vez mais responsivo à aplicação de nitrogênio. Foram verificados acréscimos no rendimento grãos com a utilização de doses totais superiores a 120 kg ha⁻¹ no SPD (Carvalho et al., 2003; Meira et al., 2005), o que está de acordo com os resultados obtidos no presente estudo.

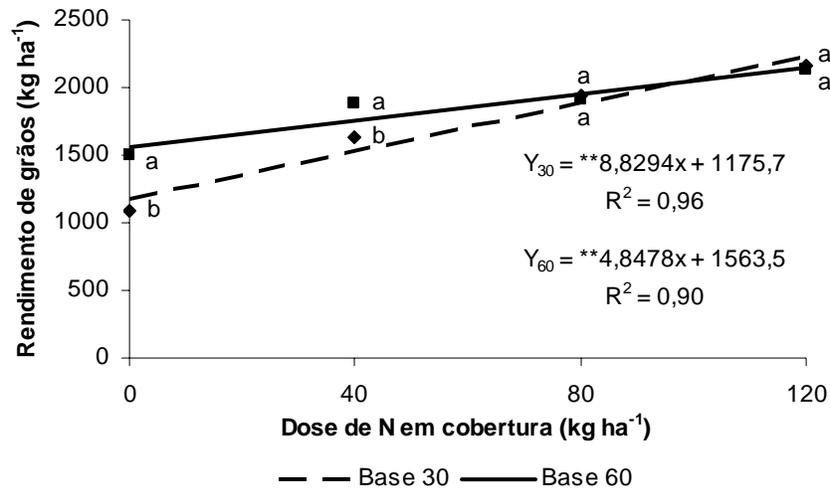


FIGURA I4: Rendimento de grãos do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses de nitrogênio na base da semeadura e em cobertura no SPD. UFLA, Lavras, MG, 2005. Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada dose de N em cobertura, não diferem entre si pelo teste de F a 5% de probabilidade.

Na Tabela 4A observa-se que os contrastes entre médias dos tratamentos adicionais (com inoculação e aplicação de Co e Mo) e as médias dos tratamentos do fatorial com dose correspondente de N foram significativos nas duas palhadas, em relação à massa de cem grãos e ao rendimento.

A inoculação + Co e Mo proporcionou acréscimos na massa de cem grãos de 1,74 e 1,45 g, nas palhadas de M e M+FP, respectivamente (Tabela I2). Andrade et al. (1998) também obtiveram acréscimos nessa característica com a aplicação de Mo. Da mesma forma, o rendimento de grãos foi acrescido pela inoculação e aplicação de Co e Mo, aumentando em 616 e 671 kg ha⁻¹, nas palhadas de M e M+FP, respectivamente, correspondendo a um acréscimo de 58,9% na produção (média das duas palhadas). Incrementos no rendimento de grãos com aplicação de Mo também foram observados por Diniz et al. (1998),

Andrade et al. (1998), Amane et al. (1999) e Fullin et al. (1999). Entre esses, os primeiros verificaram interação significativa entre aplicação de Mo e N em cobertura, não havendo resposta à aplicação de 30 kg ha⁻¹ em cobertura com aplicação de Mo. Barbosa Filho et al. (2005) não obtiveram resposta à aplicação de N com doses até 120 kg ha⁻¹ em cobertura, quando foram aplicados 80 g ha⁻¹ de Mo. Zinato et al. (2005), em um experimento em casa de vegetação e três no campo, com doses de Co até 20 g ha⁻¹, não obtiveram resposta em nenhuma das características avaliadas, relacionando o fato à possibilidade de a cultura responder em doses superiores a 20 g ha⁻¹ e de não ter sido feita a inoculação das sementes com *Rhizobium*.

Estes resultados indicam a necessidade de mais estudos para verificar a interação entre o fornecimento de N pelo consórcio entre gramíneas e leguminosas e a inoculação e aplicação de Co e Mo, visando à economia de fertilizante nitrogenado na cultura. Ressalta-se ainda a importância da aplicação de Mo sob SPD estabelecido, onde a forma nítrica de nitrogênio no solo é favorecida pelo pH mais elevado. Sendo o Mo cofator da enzima redutase do nitrato, sua aplicação pode proporcionar aumento da assimilação do N-NO₃ pelas plantas (Taiz & Zeiger, 2002), refletindo em maior produção.

TABELA I2 Massa de cem grãos e rendimento de grãos, com e sem inoculação + aplicação de Co e Mo no feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+FP, no SPD. UFLA, Lavras, MG, 2005¹.

Tratamentos		Massa de 100 grãos (g)	Rendimento (kg ha ⁻¹)
M	Com inoculação + Co + Mo	23,20 a	1.672 a
	Sem inoculação	21,46 b	1.056 b
M+FP	Com inoculação + Co + Mo	25,13 a	1.800 a
	Sem inoculação	23,68 b	1.129 b

¹Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, para cada palhada, não diferem significativamente, pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

4 CONCLUSÕES

1 – O aumento na dose de N na semeadura de 30 para 60 kg ha⁻¹ reduz os estandes inicial e final e aumenta o número de vagens por planta e a massa de cem grãos.

2 – O feijoeiro respondeu, em número de vagens por planta, às doses de N em cobertura.

3 – As doses de N em cobertura promovem incrementos diferenciados na massa de cem grãos, com menor magnitude e maiores valores nas menores doses na palhada de M+FP.

4 – O rendimento de grãos do feijoeiro eleva-se linearmente com o aumento da dose de N em cobertura e este efeito é maior na menor dose do nutriente na semeadura.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMANE, M.I.V.; VIEIRA, C.; NOVAIS, R.F.; ARAÚJO, G.A.A. Adubação nitrogenada e molibídica na cultura do feijão na zona da mata de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 643-650, 1999.
- ANDRADE, M.J.B.; DINIZ, A.R.; CARVALHO, J.G.; LIMA, S.F. Resposta da cultura do feijoeiro à aplicação foliar de molibdênio e às adubações nitrogenadas de plantio e cobertura. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 22, p. 499-508, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSINO AGRÍCOLA SUPERIOR. **Secagem de sementes**. Brasília, 1987. 37 p.
- BARBOSA, G.F.; ARF, O.; NASCIMENTO, M.S.; FREDDI, O.S.; BUZETTI, S.; SÁ, M.E. Doses de nitrogênio e de molibdênio em feijoeiro de inverno, cultivado em sistema de plantio direto. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. v. 2, p. 975-978.
- BURLE, M.L.; MIELNICZUK, J.; FOCCHI, S. Effect of cropping systems on soil chemical characteristics with emphasis on soil acidification. **Plant Soil**, v.190, p.309-316, 1997.
- CALEGARI, A. et al. Caracterização das principais espécies de adubo verde. In: _____. **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1992. p. 207-327.
- CARVALHO, M.A.C.; FURLANI JUNIOR, E.; ARF, O.; SÁ, M.E.; PAULINO, H.B.; BUZETTI, S. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila no feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 445-450, 2003.
- CHAGAS, J.M. et al. Feijão. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (5ª Aproximação)**. Viçosa, MG, MG: CFSEMG/UFV, 1999. p. 306-307.
- CULTIVAR de feijão Talismã. Sete Lagoas: UFLA/UFV/EMBRAPA/EPAMIG, 2002. Folder.

DINIZ, A.R.; ANDRADE, M.J.B.; CARVALHO, J.G.; RAMALHO, M.A.P., BERGO, C.L. Avaliação preliminar da resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à aplicação foliar de molibdênio e adubação nitrogenada em cobertura. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 22, p. 226-231, 1998.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Brasília, 2000. 412 p.

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, n. 2, p. 307-312, 2006.

FULLIN, E.A.; ZANGRANDE, M.B.; LANI, J.A.; MENDONÇA, L.F.; DESSAUNE FILHO, N. Nitrogênio e molibdênio na adubação do feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 7, p. 1145-1149, 1999.

GIACOMINI, S.J. et al. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 325-334, 2003.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 14.ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 2000. 477p.

GUERRA, A.F.; SILVA, D.B.; RODRIGUES, G.C. Manejo de irrigação e fertilização nitrogenada para o feijoeiro na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 1228-1236, 2000.

JUNQUEIRA NETTO, A.; JUNQUEIRA, A.D.A.; JUNQUEIRA, G.D.A. Micronutrientes: recomendações práticas. In: _____. **Sistemas de produção de feijão irrigado**. Piracicaba: Esalq-USP, 2001. p. 43-62.

KOGEL-KNABNER, I. The macromolecular organic composition of plant and microbial residues as inputs to soil organic matter. **Soil Biology & Biochemistry**, v.34, p.139-162, 2002.

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

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

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

PEREIRA FILHO, I. A.; FERREIRA, A. S.; COELHO, A. M.; CASELA, C. R.; KARAM, D.; RODRIGUES, J. A. S.; CRUZ, J. C.; WAQUIL, J. M. **Manejo da cultura do M**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 17 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 29).

RODRIGUES, J.R. de M. **Resposta do feijoeiro (cvs Carioca e Pérola) a doses de nitrogênio e fósforo**. 2001. 124 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ROMANINI JÚNIOR, A.; ARF, O; BINOTTI, F.F.S.; BUZETTI, S.; COSTA, R.S.S.; AFONSO, R.J. Mecanismos de abertura do sulco para deposição do fertilizante e aplicação de nitrogênio em cobertura em feijão de inverno sob plantio direto. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. v. 2, p. 831-834.

SILVA, A. J. da. **Respostas de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à adubação nitrogenada**. 1988. 85 p. Dissertação. (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)-Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

SILVA, C.C. da. Estabelecimento da cultura. In: ARAÚJO, R.S. et al. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFÓS, 1996. p. 417-432.

SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. Teores de nutrientes e de matéria orgânica afetados pela rotação de culturas e sistema de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 387-394, 2001.

SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. Irrigação. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. **Informe agropecuário: feijão de alta produtividade**. Belo Horizonte, 2004. (Informe Agropecuário).

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Sunderland: Sinauer Associates, 2002. 623 p.

TEIXEIRA, C.M. **Diferentes palhadas e doses de nitrogênio no plantio direto do feijoeiro.** 2004. 89 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

TEIXEIRA, C.M.; CARVALHO, G.J.; ANDRADE, M.J.B.; FURTINI NETO, A.E.; MARQUES, E.L.S. Palhadas e doses de nitrogênio no plantio direto do feijoeiro. **Revista Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 3, p. 499-505, 2005.

TEIXEIRA, I.R. et al. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Pérola) a diferentes densidades de semeadura e doses de nitrogênio. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, p. 399-408, 2000.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações.** Viçosa: UFV, 1991. 449p.

XAVIER, M.A. **Influência da inoculação e do nitrogênio em cobertura em dois cultivares de feijoeiro comum sob sistema de plantio direto.** 2002. 33 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)-Universidade Estadual do Estado de São Paulo.

ZIMMERMANN, F.J.P. **Estatística aplicada à pesquisa agrícola.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 402 p.

ZINATO, J.A.P.; VIEIRA, N.M.B.; ALVES JÚNIOR, J.; CARVALHO, A.J.; ANDRADE, M.J.B.; CARVALHO, J.G. Adubação foliar com cobalto na cultura do feijoeiro não inoculado. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. v. 2, p. 907-910.

II – DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE MACRONUTRIENTES DAS PALHADAS DE MILHETO E MILHETO + FEIJÃO-DE-PORCO NO PLANTIO DIRETO DO FEIJOEIRO*

(Preparado de acordo com as normas da revista “Pesquisa Agropecuária Brasileira”)

Resumo – Avaliaram-se a produção de fitomassa seca, o teor e o acúmulo de macronutrientes e a decomposição e liberação de nutrientes das palhadas de M solteiro e consorciado com FP, em ambiente de campo, sob a cultura do feijoeiro de inverno/primavera, semeado em agosto. Para a determinação da decomposição e da liberação de nutrientes, foram distribuídas bolsas confeccionadas com telas de náilon, com malha de 1 mm, de dimensões 0,2 x 0,2 m, preenchidas com quantidades de palha proporcionais à área da bolsa. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas. As parcelas foram constituídas pelas duas palhadas e as subparcelas pelas épocas de avaliação ao longo do cultivo do feijoeiro (0, 8, 16, 24, 40, 56 e 72 DAS). Os resíduos coletados foram secos em estufa de circulação forçada de ar, a 65°C, até atingirem massa constante, para a determinação da matéria seca remanescente (MSR), sendo posteriormente moídos e encaminhados para a determinação dos teores de macronutrientes. Com base nos teores e na MSR foram calculadas as quantidades remanescentes dos macronutrientes (MR), sendo expressos em porcentagem do valor inicial. Os valores foram ajustados a modelos não lineares, escolhendo-se os modelos com melhor ajuste em cada situação. A palhada de M+FP apresentou maior quantidade de fitomassa seca e maiores teores de N e Ca, ciclando maior quantidade de todos os macronutrientes. As maiores velocidades de decomposição e liberação de N, Ca e Mg foram observadas na palhada de M+FP.

Termos para indexação: ciclagem de nutrientes, “litter-bags”, decomposição, modelos não-lineares, consórcio gramínea leguminosa.

* Comitê Orientador: Gabriel José de Carvalho – UFLA (Orientador), Carlos Alberto Silva – UFLA e Messias José Bastos de Andrade – UFLA.

DECOMPOSITION AND MACRONUTRIENTS RELEASE OF MILLET AND MILLET PLUS JACK-BEAN STRAWS ON BEAN NO-TILL*

Abstract – It was evaluated the biomass production, macronutrients contents and accumulation, decomposition and nutrient release from straws of millet (*Pennisetum typhoides* (Burm.) Stapf) and millet plus jack bean (*Canavalia ensiformes* (L.) DC.) intercropping, in field condition, under dry bean, sowed in august (winter/spring). The decomposition and nutrient release was determined with 1 mm mesh nylon bags of 0,2 x 0,2 m, fueled with straw quantities relative to this area. The experimental design was randomized blocks with four replications in split plot arrangement, with the straws in the plots and evaluation periods in sub-plots (0, 8, 16, 24, 40, 56 e 72 days). The collected residues was dried to determinate the remaining dry matter amounts and grind and send to determinate the macronutrient contents. By the contents and remaining dry matter amounts was determined the remaining nutrients amounts, expressing in relative from initial amounts. Non-linear models were fit to the values, choosing the better adjustment. The millet plus jack-bean intercropping presented the greatest biomass quantity, N and Ca contents and nutrients quantities cycling. The largest decomposition and nutrient release speeds was also observed in millet plus jack-bean intercropping.

Index terms: nutrients recycle, litter bags, decomposition, non-linear models, grass leguminous intercropping.

* Guidance committee: Gabriel José de Carvalho – UFLA (Adviser), Carlos Alberto Silva – UFLA e Messias José Bastos de Andrade – UFLA.

1 INTRODUÇÃO

A produção e a manutenção de palhada sobre a superfície do solo constituem o principal gargalo para o sucesso do SPD, principalmente em regiões mais quentes, onde as altas temperaturas, aliadas à umidade proporcionada pelo grande volume de chuvas no verão, aceleram a decomposição da matéria orgânica. Além das condições ambientais, entre os fatores intrínsecos do material depositado na superfície do solo, destaca-se a relação carbono nitrogênio (C/N). Contudo, os teores de lignina e celulose, a presença de fenóis e a carga de nutrientes presentes nos resíduos influenciam, do mesmo modo, a taxa de decomposição do material incorporado ao solo (Kogel-Knabner, 2002) e o balanço dos processos de imobilização/mineralização. Materiais com maior relação C/N, como as gramíneas, permanecem por mais tempo no solo. Porém, no início da decomposição, há tendência de maior imobilização de nutrientes, já que a quantidade dos mesmos, principalmente de N, disponíveis na palha, não é adequada para a microbiota decompositora, o que implica em imobilização e diminuição da disponibilidade de alguns nutrientes para as culturas. Por outro lado, a utilização de leguminosas para a produção de palha constitui um manejo favorável ao aumento do teor e à disponibilidade de N nos solos, com o inconveniente da sua rápida decomposição, o que propicia ao solo pouca cobertura.

Além do aspecto quantidade, alguns esforços da pesquisa têm sido direcionados à avaliação da qualidade da fitomassa proveniente das mais diversas espécies. A capacidade de reciclagem de nutrientes, principalmente de camadas mais profundas, a dinâmica de decomposição e de liberação de nutrientes para a cultura comercial, bem como a capacidade de FBN, no caso específico das espécies leguminosas, têm sido exploradas. Ressalta-se a limitação da utilização de leguminosas em regiões mais quentes, pois a baixa

relação C/N favorece a decomposição e reduz a durabilidade do material, deixando o solo exposto aos fatores de erosão.

Como alternativa, com bons avanços na região Sul do Brasil, destaca-se a utilização de consórcios entre gramíneas e leguminosas. O cultivo das espécies consorciadas resulta em material com relação C/N intermediária àquela das espécies isoladas, com menor taxa de decomposição, se comparada à das leguminosas isoladas, proporcionando cobertura de solo por mais tempo e sincronia entre fornecimento e demanda de N pelas culturas. Cita-se, ainda, a liberação mais rápida dos nutrientes dos resíduos da leguminosa, disponibilizando-os mais rapidamente para a cultura principal (Giacomini et al., 2003). Entretanto, para a utilização dos consórcios em regiões com temperaturas mais elevadas, é necessária a adaptação da tecnologia por meio da identificação de combinações entre espécies mais adaptadas, além do entendimento da dinâmica de decomposição do material e da imobilização/mineralização de nutrientes no solo.

Dentre as gramíneas utilizadas como cobertura destaca-se o M que, de acordo com Bernardi et al. (2004), levou a um incremento significativo da expansão do SPD na região dos cerrados. Atualmente, é a espécie mais utilizada para a formação de palha nessas regiões, devido à sua adaptação a áreas de maior déficit hídrico e à possibilidade de uso, tanto para cobertura do solo como para pastejo. Como principais características da espécie os autores destacam a alta capacidade de reciclagem de nutrientes (especialmente N e K); a supressão de plantas daninhas através dos efeitos físicos e/ou alelopáticos; a possibilidade de diminuir a incidência de nematóides, quando utilizado em rotação e a formação de palhada mais duradoura em relação às leguminosas. Porém, além das características intrínsecas da espécie, o ambiente constitui importante fator na decomposição dos resíduos. Para Kliemann et al. (2006), apesar de o M possuir relação C/N próxima a 30, quando manejadas nas fases de florescimento

e emborrachamento, as palhadas formadas pela cultura têm apresentado altas taxas de decomposição nos cerrados, devido ao clima quente e chuvoso, dificultando o acúmulo de palha.

O FP (*Canavalia ensiformes* (L.) DC.) é uma leguminosa muito rústica, resistente a altas temperaturas e à seca e tolerante ao sombreamento parcial. Adapta-se a praticamente todos os tipos de solos, inclusive aqueles pobres em P. Pode ser semeado até março, em regiões isentas de geadas (Calegari et al., 1992).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a produção de fitomassa seca, o teor e o acúmulo de macronutrientes e a decomposição e liberação de nutrientes das palhadas de M solteiro e consorciado com FP, durante o ciclo da cultura do feijoeiro de inverno/primavera em SPD.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em área experimental localizada no Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no período de março a novembro de 2005. A área vinha sendo conduzida sob SPD há quatro anos, alternando períodos de pousio com o cultivo de feijão. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico típico (EMBRAPA, 2000) e seus atributos químicos são apresentados na Tabela 1A. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, temperado úmido, com verão quente e inverno seco (Vianello & Alves, 1991). Os dados climáticos são apresentados na Figura 1A.

Na área sob pousio, foram aplicados 2 L ha⁻¹ do herbicida glifosato, com pulverizador tratorizado com 250 L ha⁻¹ de calda, visando dessecar a vegetação existente. Posteriormente, procedeu-se ao sulcamento com semeadora adubadora de plantio direto de três linhas, com tração mecanizada e à semeadura manual das plantas de cobertura, sem adubação, no dia 11 de março de 2005. As palhadas foram formadas pelo M solteiro e consorciado com FP. Para semeadura do M (cultivar ADR-300) foi utilizada uma densidade de 15 kg ha⁻¹ (Pereira Filho et al., 2003). No FP foram distribuídas oito sementes por metro linear (Calegari et al., 1992). O espaçamento utilizado foi de 0,5 m. No caso do consórcio, a semeadura foi simultânea, em linhas alternadas da gramínea com a leguminosa, reduzindo, conseqüentemente, a densidade do M pela metade.

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas. As parcelas foram constituídas pelas duas palhadas e as subparcelas pelas épocas de avaliação ao longo do cultivo do feijoeiro (0, 8, 16, 24, 40, 56 e 72 DAS). O trabalho foi conduzido em experimento com feijoeiro nas duas palhadas, sendo utilizadas as parcelas do mesmo que não receberam adubação nitrogenada em cobertura, com dimensões

de 2,5 x 5 m. Como o número de linhas foi ímpar e o consórcio foi semeado em linhas alternadas, foram utilizadas três linhas de feijão-de-porco para duas de M em dois blocos e a proporção contrária nos outros dois, buscando uma distribuição igual das duas espécies na média das repetições.

Para a caracterização inicial da produção de fitomassa e acúmulo de macronutrientes, as amostragens foram feitas em quatro faixas transversais às parcelas, distribuídas de forma homogênea ao longo das mesmas. Portanto, os valores de cada parcela foram provenientes de quatro subamostras. Para tanto, foram cortadas, rente ao solo, quatro linhas de dois metros (duas de cada espécie no caso dos consórcios) e pesadas para determinação da fitomassa verde. Para determinação do teor de matéria seca foram utilizados, aproximadamente, 500 g e secos até estabilização da massa, permitindo o cálculo da produção de matéria seca. As mesmas amostras foram moídas para a determinação dos teores de macronutrientes. No consórcio, os teores foram determinados separadamente no M e no FP, calculando-se o teor inicial da palhada por meio da proporção entre as duas espécies.

O manejo químico das plantas de cobertura foi realizado no dia 1º de agosto de 2005, quando o M se encontrava com grãos farináceos e o FP no final da floração/início da frutificação. A dessecação foi realizada com glifosato, aplicando-se 5 L ha⁻¹ com pulverizador costal, aplicando-se 300 L ha⁻¹ de calda. Tal manejo dessecou o M totalmente, porém, algumas plantas de FP permaneceram vivas e foram cortadas com roçadora costal motorizada, às vésperas da semeadura do feijão.

A decomposição e a liberação de nutrientes foi determinada utilizando-se o método das “litter bags”, o qual consiste na utilização de bolsas confeccionadas com telas de náilon, com malha de 1 mm. As dimensões das bolsas foram de 0,2 x 0,2 m, perfazendo 0,04 m² e foram preenchidas com quantidades das palhadas, de acordo com a proporção entre a quantidade de

massa por hectare das mesmas e a área da bolsa. Para o preenchimento das bolsas, as plantas passaram por pré-secagem ao ar, sendo completada em estufa de circulação forçada. Foram realizadas seis coletas (uma bolsa por coleta), aos 8, 16, 24, 40, 56 e 72 DAS do feijoeiro.

A cada período de amostragem, os resíduos contidos nas bolsas foram secos em estufa de circulação forçada de ar, a 65°C, até atingirem massa constante, para a determinação da matéria seca remanescente (MSR). Posteriormente, os resíduos foram moídos em moinho tipo Wiley e encaminhados para o Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Ciência do Solo da UFLA, para a determinação dos teores de macronutrientes. Com base nos teores e na MSR, foram calculadas as quantidades remanescentes dos macronutrientes (MR) e expressos em porcentagem do valor inicial.

As taxas (constantes) de decomposição e de liberação de macronutrientes das palhadas foram estimadas ajustando-se modelos de regressão não lineares aos valores observados, conforme proposto por Wieder & Lang (1982), citados por Aita & Giacomini (2003):

$$(1) \text{ MSR e MR} = A e^{-K_a t} + (100-A)$$

$$(2) \text{ MSR e MR} = A e^{-K_a t} + (100-A) e^{-K_b t}$$

Em que:

MSR: porcentagem de matéria seca remanescente;

MR: porcentagem de macronutrientes remanescentes;

K_a: constante de decomposição do compartimento mais facilmente decomponível (A);

K_b: constante de decomposição do compartimento mais recalcitrante (100-A);

t: tempo em dias.

Ambos os modelos consideram que a matéria seca e os nutrientes contidos nas palhadas podem ser divididos em dois compartimentos, o primeiro mais facilmente decomponível (A) e o segundo mais recalcitrante (100-A). No modelo assintótico (1), são transformados apenas a matéria seca e os nutrientes do compartimento mais facilmente decomponível, diminuindo exponencialmente com o tempo, a uma taxa constante (K_a). O compartimento mais recalcitrante não sofre transformação no período considerado. No modelo exponencial duplo (2), a matéria seca e os nutrientes dos dois compartimentos diminuem exponencialmente a taxas constantes, com a primeira fração transformada a taxas mais elevadas (K_a) que a segunda (K_b), que é de mais difícil decomposição (recalcitrante).

A escolha do tipo de modelo que melhor se ajustou a cada conjunto de dados foi feita com base na significância dos parâmetros da equação e no coeficiente de determinação (R^2), o qual indica o grau de associação entre os valores observados e o modelo ajustado.

Os dados experimentais foram submetidos a testes de homogeneidade de variância. Como os dados apresentaram variâncias homogêneas, procedeu-se às análises de variância, sem necessidade de transformação. Uma análise de variância (Gomes, 2000) foi realizada visando verificar se houve interação entre palhadas e tempos de amostragem, ou seja, se as palhadas apresentaram comportamentos diferentes durante o período de amostragem com relação à decomposição e liberação de nutrientes. Uma segunda análise de variância (Gomes, 2000) comparou os acúmulos iniciais de matéria seca e nutrientes das duas palhadas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou interação significativa entre palhadas e tempo para a MSR e N, Ca e Mg remanescentes (Tabela 5A), indicando que, para estas variáveis, o comportamento das duas palhadas foi diferenciado. Em todas as variáveis houve significância para o fator tempo, podendo-se afirmar que, mesmo onde o comportamento das palhadas foi o mesmo, houve alteração dos valores durante o período de avaliação, ou seja, liberação dos nutrientes com a decomposição dos resíduos vegetais.

Tanto para a MSR quanto MR, os valores observados se ajustaram ao modelo assintótico, com uma fase inicial rápida, correspondente ao compartimento mais decomponível, seguida de outra mais lenta (recalcitrante).

As palhadas de M e M+FP se comportaram de forma diferente em relação à decomposição dos resíduos vegetais (Figura III), com a última se decompondo de forma mais acelerada, o que, provavelmente, se deve à menor relação C/N da leguminosa presente no consórcio, a qual contribuiu com quase 73% da fitomassa seca. Com relação aos parâmetros de decomposição, estimou-se, por meio do modelo utilizado que, na palhada de M+FP, 53,7% dos resíduos pertencem ao compartimento mais decomponível (Figura III), contra apenas 30% no M solteiro.

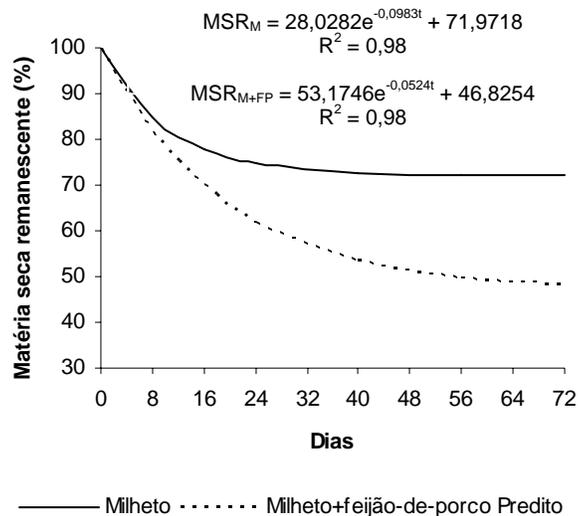


FIGURA III: Matéria seca remanescente das palhadas de M e M+FP, em avaliações realizadas no campo, sob a cultura do feijoeiro, até 72 DAM. UFLA, Lavras, MG, 2005.

A maior velocidade de decomposição da palhada formada pelo consórcio foi compensada pela maior quantidade inicial de matéria seca, com $4,182 \text{ Mg ha}^{-1}$ contra $2,364 \text{ Mg ha}^{-1}$ do M solteiro (Tabela III), o que fez com que, ao final do período de avaliação, a MSR do consórcio ainda fosse superior a do M. O modelo estimou que, aos 72 DAM, a MSR da palhada de M era de 72%, contra apenas 48% do M+FP (Figura III). Todavia, em termos absolutos, a MSR foi de $1,702$ e $2,007 \text{ Mg ha}^{-1}$, para M e M+FP, respectivamente. Dessa forma, pode-se afirmar que, dentro do período de avaliação, o qual compreendeu todo o ciclo do feijoeiro, a palhada produzida pelo consórcio proporcionou melhor cobertura de solo.

A palhada de M+FP apresentou maiores acúmulos iniciais de todos os macronutrientes (Tabela III). Isso se deve, em grande parte, à maior produção de fitomassa seca, cabendo ressaltar que, nos casos do N e do Ca, a participação

da leguminosa no consórcio foi suficiente para elevar também os teores dos mesmos (Tabela II1), contribuindo para a maior ciclagem destes nutrientes.

TABELA III Acúmulos iniciais de fitomassa seca (Mg ha^{-1}) e macronutrientes (kg ha^{-1}) e teores de macronutrientes (dag kg^{-1}) das palhadas de M e M+FP. UFLA, Lavras, MG, 2005¹.

Acúmulos				
Palhada	Fitomassa seca	N	P	K
M	2,364 b	25,41 b	3,81 b	47,27 b
M+FP	4,182 a	100,89 a	7,47 a	72,18 a
C.V. (%)	5,88	15,79	16,76	7,43
Acúmulos				
Palhada	Ca	Mg	S	
M	15,22 b	5,16 b	3,57 b	
M+FP	63,29 a	10,18 a	6,91 a	
C.V. (%)	9,05	13,65	19,22	
Teores				
Palhada	N	P	K	
M	1,07 b	0,16 a	2,00 a	
M+FP	2,41 a	0,18 a	1,73 a	
C.V. (%)	12,55	19,08	9,80	
Teores				
	Ca	Mg	S	
M	0,64 b	0,22 a	0,15 a	
M+FP	1,51 a	0,24 a	0,17 a	
C.V. (%)	10,34	12,53	23,30	

¹Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, para cada palhada, não diferem significativamente, pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

Aos oito DAM, a liberação de N estimada pelos modelos foi praticamente a mesma nas duas palhadas, em torno de 70% de NR. Após este ponto, as palhadas assumiram comportamento diferenciado em relação à liberação de N. Entre as coletas aos 16 e 24 DAM, o NR da palhada de M se estabilizou, ou seja, não houve mais liberação de N para o solo. Já a palhada do consórcio continuou liberando N, ocorrendo estabilização do NR somente depois dos 56 DAM (Figura II2).

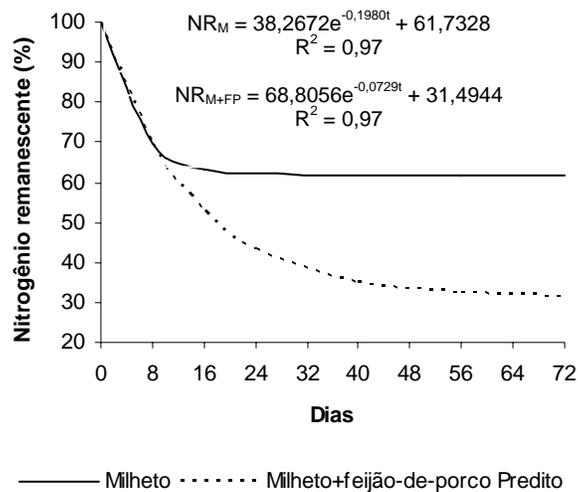


FIGURA II2: Nitrogênio remanescente das palhadas de M e M+FP, em avaliações realizadas no campo, sob a cultura do feijoeiro, até 72 DAM. UFLA, Lavras, MG, 2005.

A taxa de absorção de nitrogênio pelo feijoeiro varia durante o ciclo cultural e a época de maior exigência ocorre nos primeiros 50 DAE, entre o início do florescimento e a formação das vagens (Ferreira et al., 2004). De acordo com a recomendação oficial do estado de Minas Gerais, a adubação nitrogenada em cobertura, para o nível tecnológico mais alto, deve ser dividida em duas aplicações, aos 20 e 30 DAE, totalizando 60 kg ha⁻¹ (Chagas et al.,

1999). No presente estudo, a primeira adubação nitrogenada seria feita aos 35 dias após a distribuição das bolsas, período no qual, de acordo com o modelo, a palhada de M havia liberado menos de 10 kg ha⁻¹ de N, contra 64 kg ha⁻¹ do M+FP. Teoricamente, a liberação de N da palhada do consórcio aos 35 DAM (20 DAE) seria suficiente para atender a toda a adubação de cobertura recomendada, porém, o feijoeiro respondeu linearmente, em rendimento de grãos, às doses de N em cobertura (Figura I4). Ressalta-se que o N foi liberado pela palhada desde o manejo, estando sujeito a perdas durante este período, além do fato de que o rendimento de grãos do feijoeiro tem respondido a doses de N superiores à recomendada. Ao final do período de avaliação (72 dias), o M+FP havia liberado 69 kg ha⁻¹, contra menos de 10 kg ha⁻¹ do M (Figura II2).

O teor inicial de N-NH₄⁺ no solo sob palhada de M+FP foi inferior ao verificado sob M (Figura II3), o que se deveu à maior extração do elemento devido à maior produção de fitomassa do consórcio. Com a maior liberação de N pela palhada de M+FP, houve aumento dos teores de N-NH₄⁺, ao passo que o teor sob M decresceu desde o início. Após o quadragésimo dia, os teores de N-NH₄⁺ sob M voltaram a ser superiores, o que pode estar relacionado ao maior teor foliar de N no feijoeiro, sob palhada de M+FP (Tabela III1). Cabe lembrar que as avaliações de N no solo foram feitas nas parcelas com menor dose de N na base e sem cobertura nitrogenada.

Vieira (2006), em estudo visando descrever a marcha de absorção de nutrientes da cultivar BRS-MG Talismã, sob SPD, no Sul de Minas, verificou que a taxa de absorção de N aumenta até próximo aos 49 DAE, o que, no presente estudo, corresponderia a 64 DAM, justificando a redução dos teores de N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻ até esta época.

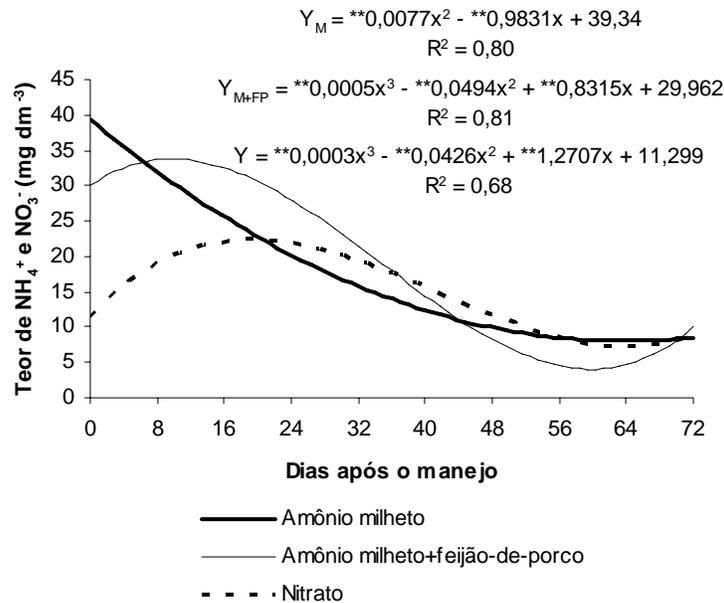


FIGURA II3: Nitrogênio, NH_4^+ e NO_3^- , no solo, sob as palhadas de M e M+FP, sob a cultura do feijoeiro em SPD, até 72 DAM das palhadas. UFLA, Lavras, MG, 2005.

No caso do P, não houve interação entre palhadas e tempos (Tabela 5A), ou seja, o comportamento das duas palhadas foi muito semelhante com relação à liberação do nutriente, conforme se pode observar na Figura II4. No entanto, o acúmulo de P pela palhada de M+FP foi superior, com 7,47 contra 3,81 $kg\ ha^{-1}$ do M (Tabela II1), o que conferiu à palhada do consórcio maior capacidade de liberação de P ao longo do estudo. Dados de Vieira (2006) demonstram que a maior taxa de absorção de P da cultivar BRS-MG Talismã ocorre aos 53 DAE, o que corresponde, neste estudo, aos 68 DAM, bem próximo do final do período de avaliação. Neste momento, a palhada de M+FP havia liberado 4,5 $kg\ ha^{-1}$ de P contra 2,0 $kg\ ha^{-1}$ do M. Essa diferença na liberação de P pelas palhadas não foi suficiente para influenciar a nutrição fosfatada do feijoeiro (Tabelas 1C e 2C). Este fato se explica pela pequena

quantidade ciclada, se comparada à recomendação de adubação para a cultura, que, no caso de média disponibilidade de P no solo é de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Chagas et al., 1999), correspondendo a 39 kg ha⁻¹ de P. Citam-se ainda dados de Vieira (2006), segundo os quais o feijoeiro acumulou, ao final do ciclo, 14,5 kg ha⁻¹ de P, quantidade bem superior à ciclada pelas palhadas. Considerando ainda que o P, após mineralizado, é altamente susceptível à fixação no solo, tornando-se indisponível (Raij, 1991), pode-se afirmar que a quantidade de P ciclada pelas plantas foi de pequena influência na nutrição da cultura neste estudo.

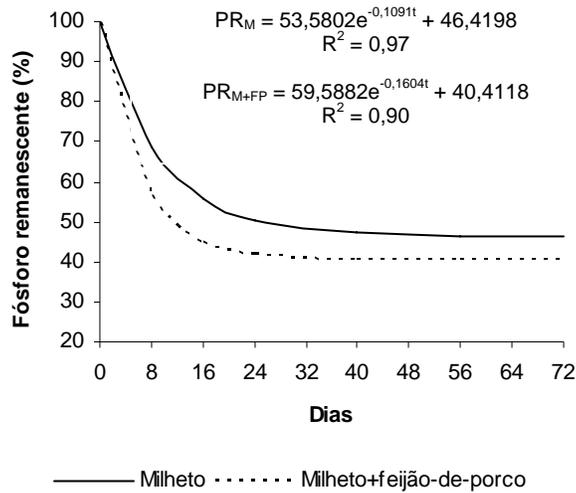


FIGURA II4: Fósforo remanescente das palhadas de M e M+FP, em avaliações realizadas no campo, sob a cultura do feijoeiro, até 72 DAM. UFLA, Lavras, MG, 2005.

No caso do K, também não houve interação significativa entre palhadas e tempo (Tabela 5A), podendo-se observar, na Figura II5, que as curvas de liberação descritas pelo modelo são muito próximas. Este comportamento pode ser explicado pelo fato de K ser facilmente extraído dos

restos culturais, pois se encontra na forma iônica e não participa de nenhum composto estável na planta (Pöttker, 1998). Dessa forma, a velocidade de liberação de K das duas palhadas foi praticamente a mesma, independentemente da decomposição diferenciada das palhadas.

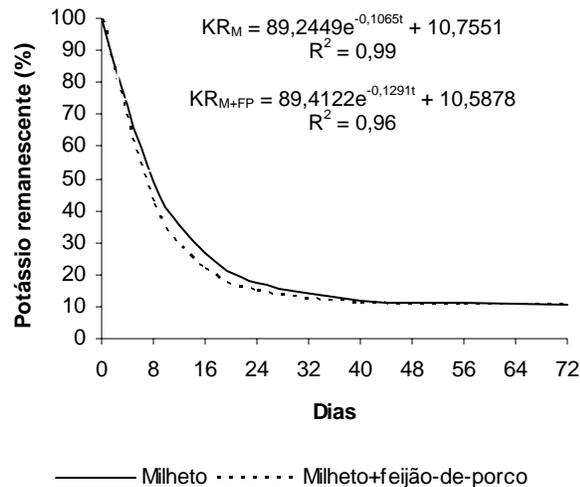


FIGURA II5: Potássio remanescente das palhadas de M e M+FP, em avaliações realizadas no campo, sob a cultura do feijoeiro, até 72 DAM. UFLA, Lavras, MG, 2005.

A diferença, em termos de ciclagem de K pelas palhadas, está no maior acúmulo inicial da palhada de M+FP, o que conferiu à mesma maior liberação do elemento para o solo. Vieira (2006) verificou que a maior taxa de absorção de K da cultivar BRS-MG Talismã ocorreu aos 43 DAE, correspondente a 58 DAM no presente estudo, momento em que as palhadas de M+FP e M haviam liberado 64,5 e 42,1 kg ha⁻¹ de K, respectivamente.

Ressalta-se que essas liberações de K são superiores à recomendação de adubação para um solo com teor médio do elemento, de 40 kg ha⁻¹ de K₂O, ou 33 kg ha⁻¹ de K, o que se explica pelo fato de as plantas de cobertura

utilizadas possuem sistemas radiculares agressivos e profundos, se comparados ao do feijoeiro, extraindo o nutriente de camadas mais profundas do solo, as quais não seriam exploradas pela cultura. Isto se confirma pelos teores de K do solo na camada de 0-20 cm não terem sido bruscamente alterados após o cultivo das plantas de cobertura (Tabela 1A). Nesse sentido, a liberação gradual do elemento, ao longo do ciclo cultural do feijoeiro, pode aumentar a eficiência de utilização, devido ao menor risco de perdas por lixiviação, se comparada à aplicação de 40 kg ha⁻¹ de K₂O na sementeira.

No caso do Ca, houve interação entre palhadas e tempo, ou seja, as palhadas se comportaram de forma diferente em relação à liberação de Ca (Tabela 5A). Em termos percentuais, a liberação do elemento pelas duas palhadas foi semelhante até o oitavo dia, quando as palhadas de M e M+FP ainda apresentavam 63% e 61% de CaR (Figura II6). Logo após este período, a liberação de Ca do M se estabilizou, ao contrário da palhada de M+FP, a qual continuou liberando o elemento para o solo até pouco depois dos 40 DAM. Na Figura II6 observa-se que, de acordo com o modelo, 64,5% do Ca da palhada formada pelo consórcio pertencem ao compartimento mais decomponível, contra apenas 34,4% na palhada de M.

Além da liberação mais acelerada de Ca, a palhada de M+FP apresentou maior acúmulo inicial do elemento, com 63,29 contra 15,22 kg ha⁻¹ do M (Tabela II1). Ao final do estudo, as palhadas de M+FP e M haviam liberado 40,4 e 6,6 kg ha⁻¹ de Ca, respectivamente. Vieira (2006) verificou acúmulo máximo de Ca pelo feijoeiro, mesma cultivar, de 45 kg ha⁻¹, aos 65 DAE, o que, no presente estudo, corresponde a 80 DAM das palhadas.

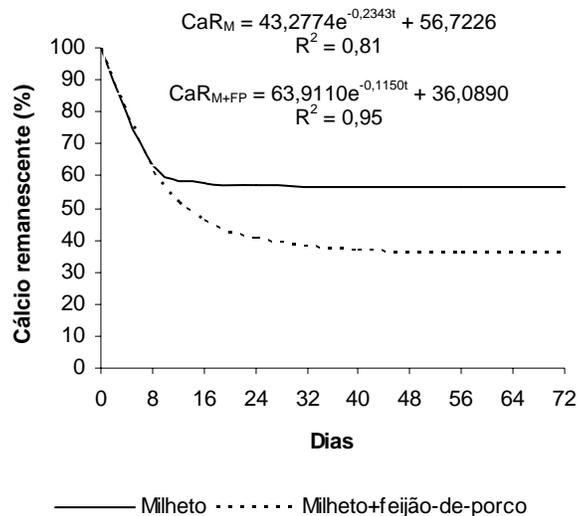


FIGURA II6: Cálcio remanescente das palhadas de M e M+FP, em avaliações realizadas no campo, sob a cultura do feijoeiro, até 72 DAM. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Em relação ao Mg, também houve interação entre palhadas e tempo (Tabela 5A), podendo-se verificar na Figura II7 que a liberação de Mg pelas palhadas acompanhou a tendência apresentada pela decomposição da fitomassa seca, ou seja, a palhada de M+FP disponibilizou o Mg de forma mais rápida para o solo. De acordo com o modelo, 72,7 % do Mg contido na palhada de M+FP pertence ao compartimento mais decomponível (Figura II7), contra apenas 46,3 % na palhada de M.

Ao final do estudo (72 DAM), as palhadas de M e M+FP haviam liberado 2,3 e 7,3 kg ha⁻¹ de Mg, respectivamente. Vieira (2006) verificou absorção máxima de pouco mais de 16 kg ha⁻¹ de Mg pelo feijoeiro, quantidade bem superior às recicladas pelas palhadas. No entanto, a maior ciclagem pela palhada formada pelo consórcio proporcionou melhor nutrição do feijoeiro em Mg, sendo verificados teores superiores no cultivo sob ela (Figura III5).

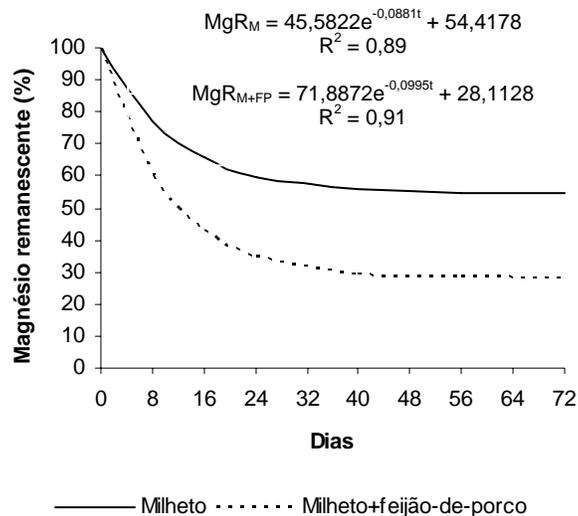


FIGURA II7: Magnésio remanescente das palhadas de M e M+FP, em avaliações realizadas no campo, sob a cultura do feijoeiro, até 72 DAM. UFLA, Lavras, MG, 2005.

No caso da liberação de S, o comportamento das duas palhadas foi muito parecido (Figura II8), não havendo interação entre palhadas e tempo (Tabela 5A). A diferença com relação à ciclagem do elemento ficou por conta do maior acúmulo inicial do nutriente na palhada de M+FP, com 6,91 kg ha⁻¹, contra 3,57 kg ha⁻¹ do M (Tabela II1), tendo retornado ao solo, ao final do estudo, 3,9 e 1,9 kg ha⁻¹ de S, respectivamente.

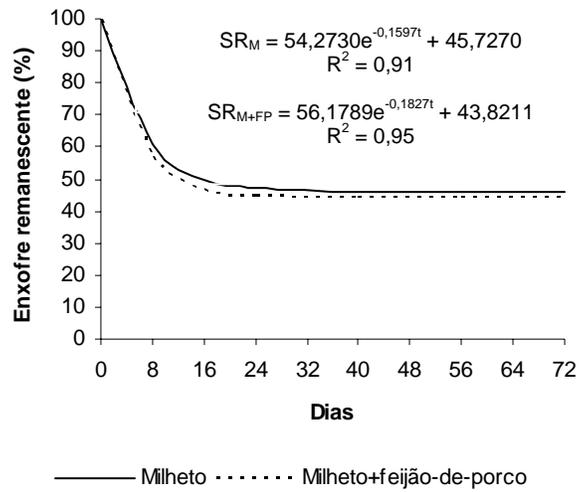


FIGURA II8: Enxofre remanescente das palhadas de M e M+FP, em avaliações realizadas no campo, sob a cultura do feijoeiro, até 72 DAM. UFLA, Lavras, MG, 2005.

4 CONCLUSÕES

1 – O consórcio entre M e FP produziu maior quantidade de fitomassa seca, chegando aos 72 dias após o manejo com maior quantidade de palha na superfície do solo.

2 – Os maiores teores de N e Ca foram observados na palhada de milho+feijão-de-porco.

3 – A palhada de M+FP ciclou maior quantidade de todos os macronutrientes.

4 – A palhada de M+FP apresentou maior velocidade de decomposição e liberação de N, Ca e Mg.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Decomposição e liberação de nitrogênio (N) de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas.

Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 27, p. 601-612, 2003.

BERNARDI, A. C. C.; CARVALHO, M. C. S.; FREITAS, P. L.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. P.; MACHADO, LEANDRO, W. M.; SILVA, T. M. **No SPD é possível antecipar a adubação do algodoeiro**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 8 p. (Embrapa Solos. Comunicado Técnico, 24).

CALEGARI, A. et al. Caracterização das principais espécies de adubo verde.

In: _____. **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1992. p. 207-327.

CHAGAS, J.M. et al. Feijão. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (5ª Aproximação)**. Viçosa, MG, MG: CFSEMG/UFV, 1999. p. 306-307.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Brasília, 2000. 412 p.

FERREIRA, A.C.B.; ANDRADE, M.J.B.; ARAÚJO, G.A.A. Nutrição e adubação do feijoeiro. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. **Informe agropecuário: feijão de alta produtividade**. Belo Horizonte, 2004.

GIACOMINI, S.J. et al. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 325-334, 2003.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 14.ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 2000. 477p.

KLIEMANN, H.J.; BRAZ, A.J.P.B.; SILVEIRA, P.M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em latossolo vermelho distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 36, p. 21-28, 2006.

KOGEL-KNABNER, I. The macromolecular organic composition of plant and microbial residues as inputs to soil organic matter. **Soil Biology & Biochemistry**, v.34, p.139-162, 2002.

PEREIRA FILHO, I. A.; FERREIRA, A. S.; COELHO, A. M.; CASELA, C. R.; KARAM, D.; RODRIGUES, J. A. S.; CRUZ, J. C.; WAQUIL, J. M. **Manejo da cultura do M.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 17 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 29).

PÖTTKER, D. Manejo da fertilidade do solo no SPD. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 1997, Dourados-MS. **Anais...** Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1998. p. 37-42.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação.** São Paulo: Ceres/POTAFOS, 1991. 343 p.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações.** Viçosa: UFV, 1991. 449p.

VIEIRA, N.M.B. **Crescimento e marcha de absorção de nutrientes no feijoeiro cvs. BRS-MG talismã e ouro negro, em plantio direto e convencional.** 2006. 145 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

III – NUTRIÇÃO MINERAL DO FEIJOEIRO SOB INFLUÊNCIA DE NITROGÊNIO E PALHADAS DE MILHETO SOLTEIRO E CONSORCIADO COM FEIJÃO-DE-PORCO*

(Preparado de acordo com as normas da “Revista Brasileira de Ciência do Solo”)

Resumo – O objetivo do estudo foi avaliar o efeito das palhadas de M (*Pennisetum typhoides* (Burm.) Stapf) e M+FP (*Canavalia ensiformes* (L.) DC.), em combinação com diferentes doses de nitrogênio, sobre a nutrição mineral do feijoeiro de inverno/primavera, cultivado sob SPD. O ensaio foi conduzido no campo experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, MG, Brasil. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas. As parcelas foram constituídas pelas duas palhadas (M e M+FP) e as subparcelas por um fatorial $(2 \times 4) + 1$, representado por duas doses de N na semeadura (30 e 60 kg ha⁻¹) e quatro doses de N em cobertura (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹), mais um tratamento adicional com 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura e inoculação das sementes com *Rhizobium tropici* e aplicação foliar de Co e Mo. Foram avaliados os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn. A palhada de M+FP proporcionou maiores teores foliares de N e Mg. A aplicação de N em cobertura aumentou o teor foliar de N do feijoeiro até a dose de 116 kg ha⁻¹, proporcionando incrementos lineares nos teores de K e S e incrementos diferenciados nos teores de Mg. A inoculação e a aplicação foliar de Co e Mo aumentaram o teor de N apenas na palhada de M, os teores de K e Cu em ambas as palhadas, e reduziu os teores de Ca e Mg nas palhadas de M e de M+FP, respectivamente.

Termos para indexação: Plantas de cobertura, plantio direto, consórcio gramínea x leguminosa, fixação biológica de nitrogênio.

* Comitê Orientador: Gabriel José de Carvalho – UFLA (Orientador), Carlos Alberto Silva – UFLA e Messias José Bastos de Andrade – UFLA.

**BEAN MINERAL NUTRITION INFLUENCED BY NITROGEN AND
STRAWS OF MILLET AND MILLET PLUS JACK BEAN
INTERCROPPING***

Abstract – This study was carried out in order to evaluate the effect of straws from millet (*Pennisetum typhoides* (Burm.) Stapf) and millet plus jack bean (*Canavalia ensiformes* (L.) DC.) intercropping, in combination with nitrogen fertilization levels on winter/spring bean mineral nutrition in no-till. The experiment was carried out at Federal University of Lavras (Lavras, Minas Gerais, Brazil) in a randomized blocks design and four replications in split plot arrangement, with the straws in the plots and nitrogen levels at sowing with (30 e 60 kg ha⁻¹) and at topdressing (0, 40, 80 and 120 kg ha⁻¹) in a factorial (2 x 4) + 1 in sub-plots, plus an additional treatment with 30 kg ha⁻¹ at sowing and bean seeds inoculation by *Rhizobium tropici* with Co and Mo foliar appliance. The dry bean macro and micronutrients contents and accumulation was determined. The millet plus jack bean straw provide largest N and Mg. The nitrogen topdressing levels increased the nitrogen foliar content until 116 kg ha⁻¹, providing linear effect in K and S contents and differenced effects on Mg contents, depending on a nitrogen level at sowing and straw combinations. The inoculation and Mo and Co foliar appliance increase the N content only in millet straw, the K and Cu in two straws and reduced the Ca and Mg contents under millet and millet plus jack bean straws, respectively.

Index terms: Cover crops, no-till, grassy x leguminous intercropping, biology nitrogen fixation.

* Guidance committee: Gabriel José de Carvalho – UFLA (Adviser), Carlos Alberto Silva – UFLA e Messias José Bastos de Andrade – UFLA.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o SPD é largamente utilizado em diversas regiões do Brasil, abrangendo, na safra de 2003/2004, uma área de, aproximadamente, 22 milhões de hectares (FEBRAPDP, 2007a). No início da década de 1990, o SPD rompeu as fronteiras da região Sul ocupando, em 2000/2001, 4,9 milhões de hectares na região dos cerrados, o que representou, naquele ano, aproximadamente 30% da área manejada sob este sistema no Brasil (FEBRAPDP, 2007b).

A principal dificuldade encontrada para implantação do SPD em áreas de menor latitude se refere à manutenção da palhada sobre a superfície do solo. Isso ocorre devido às estações bem definidas, com precipitação concentrada na primavera/verão, dificultando a produção de fitomassa na entressafra e com altas temperaturas, acelerando a decomposição da palhada. A obtenção dos benefícios dessa forma de cultivo está diretamente ligada à adição de fitomassa suficiente para a proteção do solo pela palhada, conforme puderam comprovar José (2000) e Silveira & Stone (2001), em cujos trabalhos os benefícios do SPD não se manifestaram devido à não utilização de plantas de cobertura. Como a expansão do SPD para diferentes regiões agrícolas do país é relativamente recente, os resultados relativos às melhores plantas produtoras de palha e seus efeitos nas culturas comerciais ainda são escassos.

As respostas do feijoeiro a doses de N dependem do histórico da área de plantio, das doses de adubo nitrogenado aplicadas no plantio e em cobertura, do teor e da composição da matéria orgânica do solo, da quantidade e do tipo de palhada adicionada em antecedência à implantação da cultura, do esquema de rotação de cultura e da classe de resposta do solo a nitrogênio que, segundo Raij (1997), representa a interação dos fatores mencionados anteriormente. A cultura do feijoeiro tem apresentado respostas a doses superiores a 100 kg ha⁻¹ de N. Oliveira et al. (1996) afirmam que tais doses são necessárias para garantir a

extração do nutriente, associada a altas produções. Alguns autores encontraram respostas lineares a aplicações de doses de nitrogênio superiores a 100 kg ha⁻¹ (Silva, 1988; Teixeira et al., 2000; Rodrigues, 2001; Xavier, 2002; Carvalho et al., 2003 e Romanini Júnior et al., 2005). No SPD, principalmente nos primeiros anos de implantação, a resposta do feijoeiro à aplicação de N pode ser ainda maior, devido à imobilização do elemento por meio de sua incorporação pelos microrganismos do solo que mediam a decomposição da palhada.

Os fertilizantes nitrogenados são fabricados utilizando-se a amônia como matéria-prima, obtida do nitrogênio do ar pela combinação com hidrogênio sob condições de alta pressão e temperatura na presença de catalizador. O gás hidrogênio é obtido a partir de gás natural ou derivados do petróleo. Conseqüentemente, a produção de adubos nitrogenados consome a maior parte da energia utilizada na fabricação de fertilizantes (Raij, 1991). Pesquisas visando minimizar o uso de fertilizantes nitrogenados estão associadas à redução do consumo de combustíveis fósseis e da emissão de carbono para atmosfera por meio de sua queima, a qual contribui para o efeito estufa e aquecimento do planeta. Cita-se, ainda, o risco da lixiviação, principalmente da forma nítrica, que pode ser provocada pelo uso indiscriminado dos fertilizantes nitrogenados. Além do aspecto ambiental, cabe ressaltar que a quase metade dos fertilizantes nitrogenados consumidos no Brasil é importada (Isherwood, 2000), impactando negativamente na balança comercial.

Na região Sul, alguns trabalhos foram realizados, com leguminosas de inverno como ervilhaca, ervilha forrageira, tremoço azul e chícharo e o consórcio ervilhaca + aveia preta, com vistas à economia de N na cultura do milho. Resultados promissores foram obtidos por Amado et al. (1999), Basso & Ceretta (2000), Bortolini et al. (2000) e Aita et al. (2001), o que resultou na introdução, por Amado et al. (2002), de uma recomendação de adubação nitrogenada para a cultura do milho nos estados do RS e SC, baseada na

expectativa de produção, no teor de matéria orgânica do solo e na quantidade e qualidade da palhada (exclusiva de leguminosa, consórcio gramínea x leguminosa ou exclusiva de gramínea).

De acordo com Giacomini et al. (2003), o consórcio entre gramíneas e leguminosas produz palhada com relação C/N intermediária àquela das espécies em cultivos isolados, o que leva a menor taxa de decomposição em relação aos resíduos de leguminosas, proporcionando cobertura de solo por mais tempo e sincronização das etapas de fornecimento e maior demanda de N pelas culturas. Cita-se, ainda, a liberação mais rápida dos nutrientes contidos na palhada da leguminosa, disponibilizando-os mais rapidamente para a cultura principal. Isso foi constatado por Teixeira (2004), em cujo trabalho a palhada produzida pelo consórcio entre M e FP proporcionou melhor nutrição do feijoeiro e, conseqüentemente, maior rendimento de grãos.

Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de doses de nitrogênio, na semeadura e em cobertura, na nutrição do feijoeiro de inverno/primavera, em sucessão à adição das palhadas de M e M+FP.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em área experimental localizada no Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no período de março a novembro de 2005. A área vinha sendo conduzida sob SPD há quatro anos, alternando períodos de pousio com o cultivo de feijão. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico típico (EMBRAPA, 2000) e seus atributos químicos são apresentados na Tabela 1A. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, temperado úmido, com verão quente e inverno seco (Vianello & Alves, 1991). A irrigação por aspersão convencional foi controlada monitorando-se a umidade do solo por meio de três tensiômetros instalados à profundidade de 15 cm, aplicando-se uma lâmina de 18 mm sempre que a tensão de água no solo atingia a faixa de 30 a 40 kPa (Silveira & Stone, 2004). Os dados climáticos são apresentados na Figura 1A.

Na área sob pousio foram aplicados 2 L ha⁻¹ do herbicida glifosato, com pulverizador tratorizado com 250 L ha⁻¹ de calda, visando dessecar a vegetação existente. Posteriormente, procedeu-se ao sulcamento com semeadora adubadora de plantio direto de três linhas, com tração mecanizada e à semeadura manual das plantas de cobertura, sem adubação, no dia 11 de março de 2005. O FP foi semeado na densidade de 8 sementes por metro linear (Calegari et al., 1992) e o M (cultivar ADR-500), na densidade de 15 kg ha⁻¹ (Pereira Filho et al., 2003). O espaçamento utilizado foi de 0,5 m, com semeadura simultânea de linhas alternadas no caso do consórcio.

O manejo químico das plantas de cobertura foi realizado no dia 1º de agosto de 2005, quando o M se encontrava com grãos farináceos e o FP no final da floração/início da frutificação. A dessecação foi realizada com glifosato, aplicando-se 5 L ha⁻¹ com pulverizador costal, com volume de calda de 300 L ha⁻¹. Com esse manejo, toda parte aérea do M foi dessecada, porém, algumas

plantas de FP permaneceram vivas e foram cortadas com roçadora costal motorizada, às vésperas da semeadura do feijão. As produções de fitomassa seca do M solteiro e do consórcio com FP foram de 2,364 e 4,182 Mg ha⁻¹, respectivamente, com o feijão-de-porco, contribuindo com 72,9% da produção do consórcio.

A semeadura direta do feijoeiro foi realizada 15 dias após a dessecação das plantas de cobertura. A área foi sulcada com a mesma semeadora adubadora utilizada anteriormente para semeadura das plantas de cobertura. Após a demarcação das parcelas experimentais, procedeu-se à distribuição manual dos adubos e sementes. Aos 15 DAE, foi feita a contagem de todas as plantas da área útil da parcela para a determinação do estande inicial.

O delineamento estatístico foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas. As parcelas foram constituídas pelas palhadas de M (*Pennisetum typhoides* (Burm.) Stapf) e seu consórcio com FP (*Canavalia ensiformes* (L.) DC.) e as subparcelas pelas combinações entre duas doses de N na semeadura (30 e 60 kg ha⁻¹) e quatro doses de N em cobertura (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹). O tratamento adicional foi constituído pela dose de base de 30 kg ha⁻¹ de N, sem cobertura, com inoculação das sementes do feijoeiro com *Rhizobium tropici* e aplicação foliar de Co e Mo.

A adubação de base constou da aplicação de 320 kg ha⁻¹ da fórmula NPK 08-28-16, utilizando-se uréia para complementar as adubações nitrogenadas de base para 30 e 60 kg ha⁻¹, conforme os tratamentos. Para adubação de cobertura, também foi utilizada a uréia, em duas aplicações, aos 20 e 30 DAE, aplicando-se 12 mm de água após cada cobertura, para incorporação. Nos tratamentos adicionais, as sementes foram inoculadas com inoculante turfoso preparado pelo Laboratório de Microbiologia do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA. Para 10 kg de sementes foram utilizados 100 g do inoculante com a estirpe UFLA 02-100 de *Rhizobium tropici*. As aplicações de

Co e Mo foram feitas com pulverizador costal, aplicando-se 60 g ha⁻¹ de Mo aos 20 DAE (Chagas et al., 1999) e 25 g ha⁻¹ de Co (Junqueira Netto et al., 2001), dividido em duas aplicações, aos 20 e 30 DAE. Cada subparcela foi constituída por cinco linhas de 5 m de comprimento, no espaçamento de 0,5 m, com 4,5 m² de área útil (três linhas de 3 m).

Aos 30 DAE, procedeu-se à aplicação de mistura comercial (1 L ha⁻¹, 300 L ha⁻¹ de calda) dos herbicidas fomezafen e fluazifop p-butyl, para controle das plantas daninhas em pós-emergência.

A cultivar de feijoeiro utilizada foi a BRS-MG Talismã, desenvolvida pelo convênio UFLA/UFV/Epamig/Embrapa e recomendada para Minas Gerais. Apresenta grãos tipo carioca, crescimento indeterminado com guias longas (tipo III), porte prostrado, ciclo médio de 85 dias, resistência à raça alfa Brasil (patótipo 89) de antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e ao mosaico comum (VMCF) e resistência intermediária à mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*) (CULTIVAR, 2002).

Quando 50% das plantas se encontravam com flores abertas, foram coletadas, aleatoriamente, dentro da área útil, cinco plantas por subparcela, as quais foram secas em estufas de circulação forçada de ar, para a determinação da produção de fitomassa seca, utilizando-se a massa média das cinco plantas multiplicada pelo estande final. Para determinação dos teores foliares de macro e micronutrientes, foram coletadas folhas trifolioladas do terço médio de 20 plantas por subparcela. Após a coleta, as folhas foram lavadas em água, passando as mesmas, após a lavagem, por água destilada e procedendo-se, posteriormente, a secagem em estufa. As folhas secas foram moídas em moinho tipo Wiley e encaminhadas ao Laboratório de Nutrição de Plantas do Departamento de Solos da UFLA, onde foram determinados os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn. Os teores de macro e micronutrientes foram expressos em dag kg⁻¹ e mg kg⁻¹, respectivamente.

Os acúmulos de macro e micronutrientes foram obtidos pela relação entre os teores dos nutrientes em cada subparcela e a sua produção de fitomassa seca, sendo expressos em kg ha^{-1} e g ha^{-1} , respectivamente.

Os dados experimentais foram submetidos a testes de homogeneidade de variância. Como os dados apresentaram variâncias homogêneas, procedeu-se à análise de variância, sem necessidade transformação. Os efeitos das palhadas e doses de base foram avaliados pelo teste de F, a 5% de probabilidade. Os efeitos das doses em cobertura foram estudados por meio de análises de regressão e, nos casos em que a interação foi significativa, procedeu-se ao desdobramento (Gomes, 2000) das doses em cobertura dentro das palhadas e das doses de base. Quando necessário para complementar a discussão, desdobraram-se as palhadas e doses de base dentro das doses de cobertura. O tratamento adicional foi comparado com o tratamento de dose correspondente de N do fatorial. Para tanto, foram feitos dois contrastes ortogonais (Zimmermann, 2004), visando verificar o efeito da inoculação e da aplicação de Co e Mo em cada palhada.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou efeito significativo das palhadas sobre os teores de N, Mg e Cu (Tabela 6A). As doses de N na base influenciaram os teores de Cu e Mn, enquanto as doses de cobertura influenciaram os teores de N, K, Mg e S. Ocorreram interações significativas entre palhadas e doses de base, para os teores de Cu, entre doses de base e doses de cobertura para os teores de Ca e Mg, e interação tripla para os teores de Mg.

As doses de N em cobertura influenciaram os acúmulos dos macronutrientes e do Cu, ocorrendo interação significativa entre doses de base e doses de cobertura para o acúmulo de S e interação tripla para o acúmulo de P (Tabela 7A).

A faixa de suficiência é definida como a faixa de concentração do nutriente no tecido foliar, abaixo da qual a planta sofre carência nutricional e acima da qual pode ocorrer toxicidade. Na Tabela III1 observa-se que os teores de N se encontraram acima da faixa de suficiência proposta por Martinez et al. (1999), de 3,00 a 3,50 dag kg⁻¹, dentro daquela proposta por Oliveira et al. (1998), de 2,80 a 6,00 dag kg⁻¹ com os valores médios sob a palhada de M+FP, na maior dose de N na semeadura e com aplicação de N em cobertura ultrapassando a faixa proposta por Malavolta et al. (1997), que é de 3,00 a 5,00 dag kg⁻¹.

De acordo com as faixas de suficiência propostas por Martinez et al. (1999), os teores médios de P, K, Ca, B e Mn, em todos os tratamentos, e o teor médio de Fe na dose de 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura (Tabela III1) são deficientes, enquanto os teores médios de S e Cu, em todos os tratamentos, e os teores médios de Zn sob M+FP e sem aplicação de N em cobertura são considerados tóxicos.

TABELA IIII Teores foliares de macro e micronutrientes do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, sob diferentes doses de nitrogênio na base e em cobertura, em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+FP no SPD. UFLA, Lavras, MG, 2005¹.

	<i>Macronutrientes (dag kg⁻¹)</i>						<i>Micronutrientes (mg kg⁻¹)</i>				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
M	4,91 b	0,35	2,06	2,45	0,41	0,35	46,97	13,08	358,62	133,60	51,34
M+FP	5,26 a	0,39	2,13	2,30	0,48	0,35	47,42	14,05	349,22	121,55	56,44
30	4,99	0,36	2,08	2,35	0,44	0,34	47,27	13,15	385,66	113,14 b	53,24
60	5,17	0,38	2,12	2,40	0,45	0,36	47,11	13,98	322,17	142,01 a	54,54
0	4,27	0,37	1,92	2,37	0,38	0,31	49,17	12,96	355,40	143,07	57,12
40	5,06	0,36	2,07	2,42	0,45	0,35	49,19	13,79	291,93	120,89	50,57
80	5,41	0,37	2,20	2,42	0,48	0,36	44,70	13,82	351,89	127,79	53,88
120	5,59	0,38	2,21	2,29	0,47	0,38	45,71	13,69	416,45	118,57	53,99

¹Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente, pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

Tomando-se como referência as faixas de suficiência propostas por Malavolta et al. (1997), os teores médios de S em todos os tratamentos e os teores médios de K e Mg são considerados deficientes, sendo que os teores de P e Ca se enquadram acima das faixas de suficiência, sendo considerados tóxicos. Todos os teores médios dos micronutrientes são considerados adequados. Já a faixa proposta por Oliveira et al. (1996), bem mais ampla, considera os teores médios de todos os nutrientes em todos os tratamentos como suficientes.

O feijoeiro cultivado sob palhada de M+FP apresentou maior teor foliar de N (Tabela III1), ao contrário do que observou Teixeira (2004), que não encontrou diferença significativa entre os teores de N do feijoeiro sob as palhadas de M, FP, guandu-anão e dos consórcios das gramíneas com as leguminosas. Já Arf et al. (1999) observaram acréscimos nos teores de N do feijoeiro, incorporando-se leguminosas antes da semeadura, no plantio convencional (PC). Os maiores teores de N foram obtidos após mucuna-preta, seguida do lab-lab, com os consórcios entre as leguminosas e o milho proporcionando os menores teores. Ressalta-se que, nos dois trabalhos, a época de semeadura também foi a de inverno/primavera.

Este comportamento pode ser explicado pela maior disponibilidade de N no solo sob a palhada de M+FP (Figura II3), o que está relacionado ao maior acúmulo pela leguminosa por meio da FBN (Tabela II1) e à maior disponibilização pela decomposição mais rápida. Além desses fatores, a menor relação C/N desta palhada resulta em maior disponibilidade de N para os microrganismos, reduzindo a imobilização do elemento no solo durante o processo de decomposição.

A maior dose de N na semeadura (60 kg ha^{-1}) proporcionou maior teor de Mn (Tabela III1), o que pode ser explicado pela menor competição intra-específica, devido ao menor estande (Tabela II). Acrescenta-se que, sob a menor

dose de N na semeadura (30 kg ha⁻¹), houve resposta à aplicação de N em cobertura (Figura I3). Assim, a quantidade de nutrientes, em relação à fitomassa seca, ficou reduzida (efeito de diluição), o que se confirma pelo fato do acúmulo desse nutrientes não ter sido influenciado pelas doses de base (Tabela 7A).

Os teores de Cu foram influenciados pelas doses de base de forma diferenciada nas duas palhadas. Na palhada de M, a maior dose de base proporcionou maior teor do elemento nas folhas do feijoeiro (Tabela III2), enquanto que, na palhada de M+FP, os teores obtidos em ambas as doses de base não diferiram.

TABELA III2 Teores foliares de Cu do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, sob diferentes doses de N na semeadura em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+FP, no SPD. UFLA, Lavras, MG, 2005¹.

Dose de N (kg ha ⁻¹)	Teor de Cu (mg kg ⁻¹)	
	M	M+FP
60	13,91 a	14,04 a
30	12,24 b	14,07 a

¹Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente, pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

Assim como para o S e o Mn, o efeito de diluição promovido pelo maior crescimento pode explicar o menor teor de Cu, na menor dose de N na semeadura, já que não ocorreu diferença significativa entre os acúmulos do nutriente (Tabela 7A).

Apesar de o teor foliar de N ter sido maior sob a palhada de M+FP (Tabela III1), não houve resposta diferenciada às doses em cobertura nas duas palhadas. Doses de N em cobertura de até 116 kg ha⁻¹ promoveram incrementos nos teores foliares do elemento, os quais variaram de 4,28 a 5,57 dag kg⁻¹ (Figura III1). Este resultado está de acordo com o obtido por Carvalho et al.

(2003), sob palhada de milho, em que o maior teor foi observado na dose de 108 kg ha⁻¹ de N. Silva (1988), Rodrigues (2001) e Nascimento et al. (2004) verificaram respostas lineares dos teores N a aplicações de doses até 100, 120 e 90 kg ha⁻¹, respectivamente, indicando que os teores máximos seriam alcançados com doses ainda maiores. Farinelli et al. (2006), em dois anos de estudo, obtiveram resposta linear, no primeiro ano, até a dose de 160 kg ha⁻¹, e quadrática no segundo, alcançando valor máximo na dose de 122,8 kg ha⁻¹ de N.

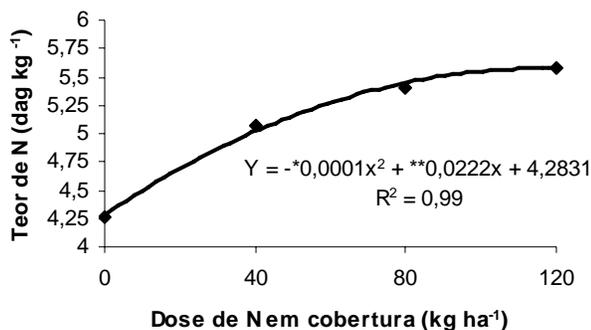


FIGURA III1: Teor de N do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses de nitrogênio em cobertura no SPD. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Verifica-se, na Figura I4, que houve respostas à aplicação de N em cobertura para o rendimento de grãos, ou seja, a produção de grãos foi superior em teores foliares de N que seriam classificados como tóxicos. Farinelli et al. (2006), trabalhando com doses de N em cobertura de 0 a 160 kg ha⁻¹, em dois anos, encontraram teores de N variando de 3,23 a 4,21 dag kg⁻¹, os quais seriam considerados suficientes ou até mesmo tóxicos, dependendo da faixa de suficiência utilizada. No entanto, os autores verificaram que a produção de grãos respondeu de forma quadrática até a dose de 78,12 kg ha⁻¹ de N no primeiro ano

do estudo, com rendimento máximo de 1.870 kg ha⁻¹, e linear no segundo ano, alcançando uma produção de 3.114 kg ha⁻¹ de grãos.

Esses resultados indicam que altos rendimentos de grãos no feijoeiro estão associados a teores foliares de N superiores àqueles considerados como suficientes pela literatura. Por esta razão, as faixas de suficiência propostas por Oliveira et al. (1996) e Malavolta et al. (1997) parecem mais adequadas, já que, na faixa proposta por Martinez et al. (1999), os teores em todas as doses de N em cobertura seriam considerados tóxicos.

Observa-se, na Figura III2, que a aplicação de N em cobertura proporcionou incremento linear nos teores de K, o que pode estar associado ao maior crescimento das plantas e, conseqüentemente do sistema radicular, explorado maior volume de solo.

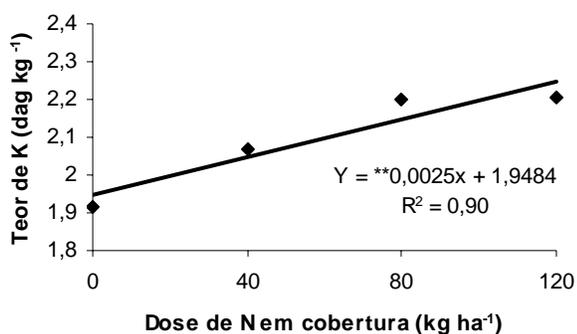


FIGURA III2: Teor de K do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses de nitrogênio em cobertura no SPD. UFLA, Lavras, MG, 2005.

O teor de S nas folhas do feijoeiro também aumentou linearmente com o aumento das doses de N em cobertura, variando de 0,32 dag kg⁻¹, sem aplicação a 0,39 dag kg⁻¹ na maior dose aplicada. Teixeira et al. (2000) também verificaram aumento nos teores de S com doses crescentes de N.

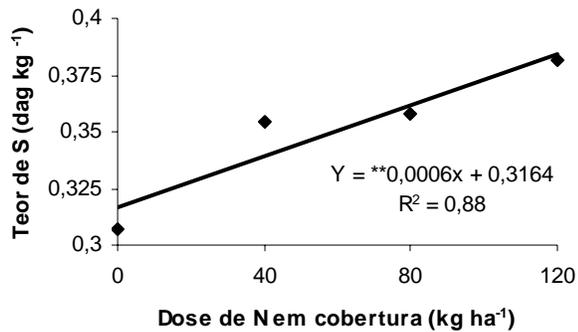


FIGURA III3: Teor de S do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses de nitrogênio em cobertura no SPD. UFLA, Lavras, MG, 2005.

O teor foliar de Ca foi influenciado pela aplicação de N em cobertura apenas na maior dose de N na semeadura, aumentando até a dose de 56 kg ha⁻¹ (Figura III4), após a qual houve uma redução significativa dos teores do elemento, provavelmente devido ao efeito de diluição provocado pelo maior crescimento. Teixeira et al. (2000) verificaram que, com o aumento das doses de N, ocorreu redução linear dos teores de Ca, o que também foi atribuído à diluição.

O comportamento diferencial nas duas doses de N na semeadura pode ser atribuído ao fato de que, na menor dose, o feijoeiro respondeu em produção de fitomassa à adubação de cobertura (Figura I3), atingindo valores superiores. Dessa forma, pode-se inferir que o aumento na absorção de Ca não se

manifestou no teor do elemento na menor dose de N na sementeira, devido ao efeito de diluição provocado pelo aumento da fitomassa da cultura. Deve ser mencionado ainda que, para o acúmulo de Ca, não houve interação significativa entre doses de N na sementeira e em cobertura (Tabela 7A), indicando que o feijoeiro teve o mesmo comportamento nas duas doses de N na sementeira.

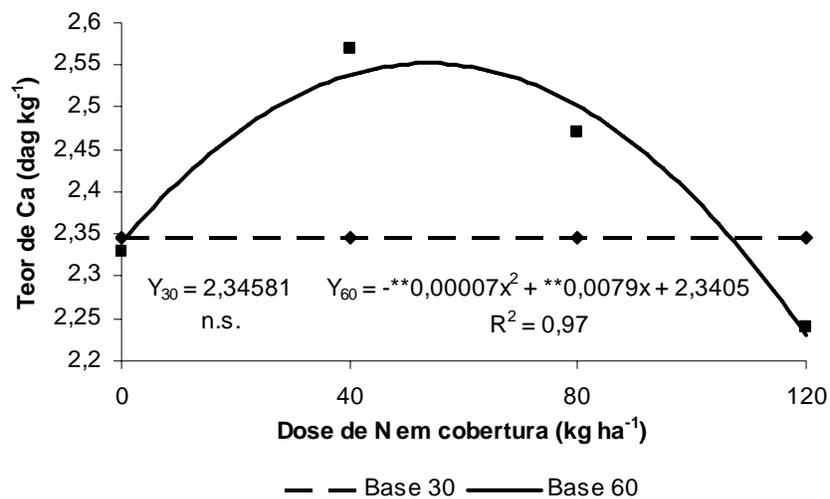


FIGURA III4: Teor de Ca do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses de nitrogênio na sementeira e em cobertura no SPD. UFLA, Lavras, MG, 2005.

As doses de N em cobertura alteraram o comportamento dos teores foliares de Mg no feijoeiro de forma diferenciada nas palhadas e nas doses de N na sementeira (Figura III5). Em ambas as palhadas, houve aumento do teor de Mg com aplicação de N em cobertura, semelhante aos dados observados por Teixeira et al. (2000), que verificaram aumento dos teores do elemento com aumento das doses de N. A palhada de M+FP proporcionou maiores teores de Mg, o que se deve à maior ciclagem (Tabela II1) e à liberação mais rápida do nutriente por esta palhada (Figura II7). Na palhada de M, os teores de Mg

responderam às doses de N em cobertura de forma linear em ambas as doses de N na semeadura. Verifica-se, pelas equações, que essas respostas foram da mesma magnitude, porém, com teores inferiores na menor dose de N na semeadura. Isso pode estar relacionado ao efeito de diluição, já que o feijoeiro respondeu em produção de fitomassa à adubação de cobertura sob tal dose de N na semeadura.

Na palhada de M+FP, foram observados maiores teores de Mg sob a maior dose de N na semeadura, com exceção das doses inferiores a 18 e superiores a 103 kg ha⁻¹ de N em cobertura, em que ocorreram teores inferiores aos obtidos com as mesmas doses em cobertura na menor dose de N na semeadura.

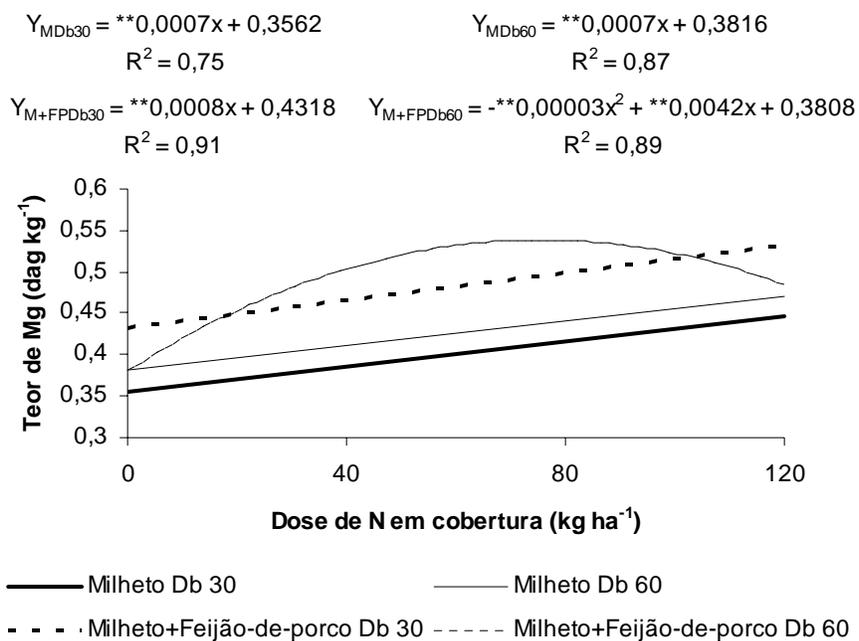


FIGURA III5: Teor de Mg do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses de nitrogênio, na semeadura e em cobertura, em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+FP, no SPD. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Pelos dados da Tabela 8A verifica-se que os contrastes das médias dos tratamentos adicionais, com inoculação e aplicação de Co e Mo, com as médias dos tratamentos com doses correspondentes de N do fatorial foram significativos para os teores de N e Ca na palhada de M, de Mg na palhada de M+FP e de K e Cu, em ambas as palhadas.

O teor de N aumentou com a inoculação + Co e Mo apenas na palhada de M, passando de 3,67 para 4,70 mg kg⁻¹ (Tabela III3). Isso se deve ao fato de que o teor de N no solo sob palhada de M+FP foi superior ao observado sob M (Figura II3), aumentando os teores foliares do elemento no feijoeiro (Tabela 4A). Assim, a FBN não foi suficiente para aumentar os teores foliares de N, o

que pode estar associado ao fato de que o processo é inibido quando há grande disponibilidade do nutriente.

Em todas as situações, os teores de N estiveram dentro da faixa de suficiência proposta por Malavolta et al. (1997) e acima daquela proposta por Martinez et al. (1999). No entanto, mesmo não contribuindo para o aumento dos teores de N na palhada de M+FP, a inoculação e a aplicação de Co e Mo proporcionaram acréscimos na massa de cem grãos e no rendimento em ambas as palhadas (Tabela 4A). Estas respostas podem estar relacionadas ao melhor aproveitamento do N absorvido na forma nítrica, com a aplicação de Mo, visto que este elemento participa como cofator na atividade da enzima redutase do nitrato (Taiz & Zeiger, 2002).

TABELA III3 Teores de N, K, Ca, Mg e Cu, com e sem inoculação e aplicação de Co e Mo no feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+FP, no SPD. UFLA, Lavras, MG, 2005¹.

Tratamentos		dag kg ⁻¹				mg kg ⁻¹
		N	K	Ca	Mg	Cu
M	Inoc. + Co e Mo	4,70 a	2,95 a	1,93 b	0,29 a	16,91 a
	Sem inoculação	3,67 b	1,83 b	2,51 a	0,34 a	11,74 b
M+FP	Inoc. + Co e Mo	4,33 a	2,93 a	2,02 a	0,35 b	19,23 a
	Sem inoculação	4,85 a	1,93 b	2,31 a	0,43 a	13,09 b

¹Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, para cada palhada, não diferem significativamente, pelo teste, de F, a 5% de probabilidade.

Assim como para o N, o teor de Ca também foi influenciado pela inoculação + Co e Mo apenas na palhada de M, porém, de forma inversa, ou seja, ocorreu redução dos teores de Ca com a inoculação e a aplicação dos nutrientes (Tabela III3). Os teores apresentados em todas as situações estiveram

abaixo da faixa de suficiência proposta por Martinez et al. (1999), estando o menor teor dentro daquela proposta por Malavolta et al. (1997) e os demais acima da mesma.

Ao contrário do Ca, o teor de Mg foi influenciado pela inoculação + Co e Mo apenas na palhada de M+FP (Tabela III3) e foi superior no tratamento sem inoculação. Apenas o teor sob M no tratamento adicional ficou abaixo da faixa de suficiência proposta por Martinez et al. (1999), estando o teor sob a palhada do consórcio, sem inoculação, dentro daquela proposta por Malavolta et al. (1997).

Com relação aos teores de K e Cu, o efeito da inoculação + Co e Mo foi positivo, aumentando os valores em ambas as palhadas. No caso do K, o efeito da inoculação permitiu que os teores se inserissem na faixa de suficiência proposta por Martinez et al. (1999) e ultrapassassem aquela proposta por Malavolta et al. (1997). Em ambas as faixas, o teor de K sem inoculação é classificado como deficiente. Os teores de Cu verificados estão acima da faixa de suficiência proposta por Martinez et al. (1999) e dentro daquela proposta por Malavolta et al. (1997).

4 CONCLUSÕES

1 – A palhada de M+FP proporcionou maiores teores foliares de N e Mg no feijoeiro.

2 – A aplicação de N em cobertura aumentou o teor foliar de N do feijoeiro até a dose de 116 kg ha⁻¹.

3 – A aplicação de N em cobertura promoveu incrementos nos teores de K, S e Mg.

4 – A inoculação e aplicação de Co e Mo aumentou o teor de N apenas na palhada de M e os teores de K e Cu, em ambas as palhadas, reduzindo o teor de Ca e Mg nas palhadas de M e de M+FP, respectivamente.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITA, C.; BASSO, C.J.; CERETTA, C.A.; GONÇALVES, C.N.; DA ROS, C.O. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 157-165, 2001.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob SPD. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 241-248, 2002.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J., FERNANDES, S.B.V.; BAYER, C. Culturas de cobertura, acúmulo de nitrogênio total no solo e produtividade de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 679-686, 1999.

ARF, O.; SILVA, L.S.; BUZETTI, S.; ALVES, M.C.; SÁ, M.E.; RODRIGUES, R.A.F.; HERNANDEZ, F.B.T. Efeito da rotação de culturas, adubação verde e nitrogenada sobre o rendimento do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 11, p. 2029-2036, 1999.

BASSO, C.J.; CERETTA, C.A. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura de solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 905-915, 2000.

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

CALEGARI, A. et al. Caracterização das principais espécies de adubo verde. In: _____. **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1992. p. 207-327.

CARVALHO, M.A.C.; FURLANI JUNIOR, E.; ARF, O.; SÁ, M.E.; PAULINO, H.B.; BUZETTI, S. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila no feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 445-450, 2003.

CHAGAS, J.M. et al. Feijão. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (5ª Aproximação)**. Viçosa, MG, MG: CFSEMG/UFV, 1999. p. 306-307.

CULTIVAR de feijão Talismã. Sete Lagoas:
UFLA/UFV/EMBRAPA/EPAMIG, 2002. Folder.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Brasília: EMBRAPA, 2000. 412 p.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 182 p.

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, n. 2, p. 307-312, 2006.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA. **Expansão da área cultivada em plantio direto no Brasil de 1992/93 a 2003/2004**. Disponível em: <www.febrapdp.org.br>. Acesso em: 31 jan. 2007a.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA. **Expansão da área cultivada em plantio direto no Brasil por estado de 1997/98 a 2000/2001**. Disponível em: <www.febrapdp.org.br>. Acesso em: 31 jan. 2007b.

GIACOMINI, S.J. et al. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 325-334, 2003.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 14.ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 2000. 477 p.

ISHERWOOD, K.F. **Mineral fertilizer use and environment**. Paris: International Fertilizer Industry Association, 2000. 63 p.

JOSÉ, M.R. **Atributos físicos de um Latossolo Vermelho-amarelo submetido a diferentes sistemas de manejo na região de Lavras - MG**. 2000. 58 p. Dissertação (Mestrado em Solos e nutrição de plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

JUNQUEIRA NETTO, A., JUNQUEIRA, A.D.A., JUNQUEIRA, G.D.A. Micronutrientes: recomendações práticas. In: _____. **Sistemas de produção de feijão irrigado**. Piracicaba: Esalq-USP, 2001. p. 43-62.

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

MARTINEZ, H. E. P. et al. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (5ª Aproximação)**. Viçosa, MG, MG: CFSEMG/UFV, 1999. p. 143-168.

NASCIMENTO, M.S.; ARF, O.; SILVA, M.G. Resposta do feijoeiro à aplicação de nitrogênio em cobertura e molibdênio via foliar. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 26, n. 2, p. 153-159, 2004.

OLIVEIRA, I.P. de; ARAUJO, R.S.; DUTRA, L.G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAÚJO, R.S. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. p. 169-221.

PEREIRA FILHO, I. A.; FERREIRA, A. S.; COELHO, A. M.; CASELA, C. R.; KARAM, D.; RODRIGUES, J. A. S.; CRUZ, J. C.; WAQUIL, J. M. **Manejo da cultura do M**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 17 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 29).

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Ceres/POTAFOS, 1991. 343 p.

RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas, Instituto Agronômico/Fundação IAC, 1997. 285p.

RODRIGUES, J.R. de M. **Resposta do feijoeiro (cvs Carioca e Pérola) a doses de nitrogênio e fósforo**. 2001. 124 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)- Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ROMANINI JÚNIOR, A.; ARF, O.; BINOTTI, F.F.S.; BUZETTI, S.; COSTA, R.S.S.; AFONSO, R.J. Mecanismos de abertura do sulco para deposição do fertilizante e aplicação de nitrogênio em cobertura em feijão de inverno sob plantio direto. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. v. 2, p. 831-834.

SILVA, A. J. da. **Respostas de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à adubação nitrogenada.** 1988. 85 p. Dissertação. (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)-Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. Irrigação. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. **Informe agropecuário: feijão de alta produtividade.** Belo Horizonte, 2004.

SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. Teores de nutrientes e de matéria orgânica afetados pela rotação de culturas e sistema de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 387-394, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology.** Sunderland: Sinauer Associates, 2002. 623 p.

TEIXEIRA, C.M. **Diferentes palhadas e doses de nitrogênio no plantio direto do feijoeiro.** 2004. 89 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, MG, Lavras, MG.

TEIXEIRA, I.R.; ANDRADE, M.J.B.; CARVALHO, J.G.; MORAIS, A.R.; CORRÊA, J.B.D. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Pérola) a diferentes densidades de semeadura e doses de nitrogênio. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 24, p. 399-408, 2000.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações.** Viçosa: UFV, 1991. 449 p.

XAVIER, M.A. **Influência da inoculação e do nitrogênio em cobertura em dois cultivares de feijoeiro comum sob sistema de plantio direto.** 2002. 33 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)-Universidade Estadual do Estado de São Paulo.

ZIMMERMANN, F.J.P. **Estatística aplicada à pesquisa agrícola.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 402 p.

IV – CRESCIMENTO E RENDIMENTO DO FEIJOEIRO, SOB INFLUÊNCIA DE NITROGÊNIO E PALHADAS DE MILHETO SOLTEIRO E CONSORCIADO COM CROTALÁRIA*

(Preparado de acordo com as normas da revista “Scientia Agricola”)

Resumo – O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes doses de nitrogênio no cultivo do feijoeiro de verão/outono, cultivado no SPD, em seqüência à aplicação de palhadas de M (*Pennisetum typhoides* (Burm.) Stapf) e M+C (*Crotalaria juncea*). O estudo foi conduzido no campo experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, MG, Brasil, utilizando-se o delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas. As parcelas foram constituídas pelas duas palhadas (M e M+C) e as subparcelas pelo fatorial $(2 \times 4) + 1$, representado por duas doses de N na semeadura (30 e 60 kg ha⁻¹) e quatro em cobertura (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹), mais um tratamento adicional, constituído pela dose de 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura, com inoculação das sementes do feijoeiro com *Rhizobium tropici* e aplicação foliar de Co e Mo. Foram avaliados os estandes inicial e final, a produção de fitomassa da parte aérea e o rendimento de grãos do feijoeiro, bem como seus componentes primários. As doses de N na semeadura da semeadura e em cobertura não influenciaram o rendimento de grãos do feijoeiro e seus componentes em nenhuma das palhadas. O maior rendimento de grãos foi obtido sob palhada de M.

Termos para indexação: Sistema plantio direto, consórcio gramínea x leguminosa, adubação verde, fixação biológica de nitrogênio.

* Comitê Orientador: Gabriel José de Carvalho – UFLA (Orientador), Carlos Alberto Silva – UFLA e Messias José Bastos de Andrade – UFLA.

**BEAN GROWTH AND GRAIN YIELD INFLUENCED BY NITROGEN
AND STRAWS OF MILLET AND MILLET PLUS *Crotalaria juncea*
INTERCROPPING***

Abstract – This work aimed to evaluate the nitrogen fertilization levels on summer/autumn bean no-till under straws from millet (*Pennisetum typhoides* (Burm.) Stapf) and millet plus (*Pennisetum typhoides* (Burm.) Stapf) and millet plus *Crotalaria juncea* intercropping. The experiment was carried out at Federal University of Lavras (Lavras, Minas Gerais, Brazil) in a randomized blocks design and four replications in split plot arrangement, with the straws in the plots and nitrogen levels at sowing with (30 e 60 kg ha⁻¹) and at topdressing (0, 40, 80 and 120 kg ha⁻¹) in a factorial (2 x 4) + 1 in sub-plots, plus an additional treatment with 30 kg ha⁻¹ at sowing and bean seeds inoculation by *Rhizobium tropici* with Co and Mo foliar appliance. The initial and final stand, biomass production, grain yield and its primary compounds was evaluated. The nitrogen levels, at sowing and at topdressing, do not influence the grain yield and its compounds in neither straw. The largest grain yield was obtained under millet straw.

Index terms: No-till, grassy x leguminous intercropping, cover crops, nitrogen biology fixation.

* Guidance committee: Gabriel José de Carvalho – UFLA (Adviser), Carlos Alberto Silva – UFLA e Messias José Bastos de Andrade – UFLA.

1 INTRODUÇÃO

A produção e a manutenção de fitomassa no SPD (SPD) podem ser consideradas fatores chave para se atingir o máximo aproveitamento dos benefícios dessa forma de cultivo. Para tanto, devem ser observados aspectos regionais, tanto aqueles relacionados ao clima, quanto aos esquemas de rotação/sucessão de culturas e espécies de plantas de cobertura adaptadas. Mesmo em sistemas de rotação que incluam culturas com alto retorno de matéria orgânica ao solo, como o milho, é necessária a utilização de plantas com a finalidade principal de produção de palha.

Nesse sentido, José (2000) observou menores teores de matéria orgânica na camada superficial (0-5 cm) e menor estabilidade de agregados no SPD, quando comparado ao sistema convencional, não havendo diferenças significativas para a retenção de água no solo. O autor atribuiu este fato ao manejo da área, o qual não incluía nenhum tipo de planta de cobertura (plantio direto no mato), o que não permitiu que fossem alcançados os benefícios do sistema, mesmo após seis anos de adoção.

Com relação à escolha da espécie, pode ser considerada como fator principal a relação C/N da fitomassa produzida, a qual está diretamente relacionada à durabilidade do material sobre a superfície do solo. Contudo, o teor de lignina e celulose, a presença de fenóis, a carga de nutrientes presentes nos resíduos influenciam, do mesmo modo, a taxa de decomposição do material incorporado ao solo (Kogel-Knabner, 2002) e o balanço dos processos de imobilização/mineralização. Materiais com maior relação C/N, como as gramíneas, permanecem por mais tempo no solo, porém, no início da decomposição, há uma tendência de maior imobilização de nutrientes, já que a quantidade dos mesmos, principalmente de N, disponível na palha, não é

adequada para a microbiota decompositora, o que implica em imobilização líquida e diminuição da disponibilidade de alguns nutrientes para as culturas.

Giacomini et al. (2003) afirmam que o consórcio entre gramíneas e leguminosas produz palhada com relação C/N intermediária àquela das espécies em cultivos isolados, o que leva a menor taxa de decomposição em relação aos resíduos de leguminosas, proporcionando cobertura de solo por mais tempo e sincronia entre fornecimento e demanda de N pelas culturas.

De acordo com Lopes et al. (2004), os fatores anos de adoção do plantio direto, teor de matéria orgânica, estoque de N acumulado, textura do solo, intensidade pluviométrica, tipos de rotação e ou sucessão de culturas, tipos e quantidade de resteva presente, dentre outros e, sobretudo, a existência de pequeno número de experimentos de campo de longa duração, envolvendo adubação nitrogenada no SPD, 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. Nesse sentido, Barbosa Filho et al. (2005) verificaram menor resposta do feijoeiro ao N em cobertura após soja, quando comparado ao cultivo em sucessão a arroz. Lopes (1999) já sugeria, no SPD, após adubação verde com leguminosas de verão, diminuição de até 50% da dose de N.

A cultura do feijão tem se mostrado bastante responsiva à aplicação de nitrogênio, sendo necessário o uso de doses superiores a 100 kg ha^{-1} para garantir a extração do nutriente associada a altas produções (Oliveira et al., 1996). Alguns autores encontraram respostas lineares a aplicações de doses de nitrogênio superiores a 100 kg ha^{-1} (Silva, 1988; Teixeira et al., 2000; Rodrigues, 2001; Xavier, 2002; Carvalho et al., 2003 e Romanini Júnior et al., 2005).

Os trabalhos já realizados com o feijoeiro sob SPD atestam algumas vantagens, como a redução do “déficit” hídrico, proporcionando maior estande

final e rendimento de grãos (Silva, 1994), melhorias na estruturação do solo, aumento da microporosidade, maior retenção de água e redução da evaporação, aumentando, conseqüentemente, a umidade e a disponibilidade de água para as plantas, refletindo em aumento no número de vagens por planta e grãos por vagem (Urchei, 1996) e maior produção de grãos (Carvalho, 2000); (Urchei, 1996). Por outro lado, Ribeiro (2000) observou menor rendimento de grãos no SPD em relação ao sistema de cultivo com aração profunda, atribuindo o fato à maior incidência de *Rhizoctonia solani* p.v. *phaseoli* e *Fusarium solani* p.v. *phaseoli* no início do desenvolvimento da cultura.

Este fato reforça a necessidade da rotação/sucessão de culturas, sendo este um dos preceitos básicos do sistema.

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de doses de nitrogênio na base e em cobertura, no feijão de verão/outono cultivado em seqüência à adição de palhadas de M e M+C, em Latossolo sob SPD.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em área experimental localizada no Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no período de outubro de 2005 a maio de 2006. A área vinha sendo conduzida sob SPD há oito anos, inicialmente coberta por *Brachiaria decumbens*, alternando períodos de pousio com o cultivo de milho. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico típico (EMBRAPA, 2000) e seus atributos químicos são apresentados na Tabela 2A. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, temperado úmido, com verão quente e inverno seco (Vianello & Alves, 1991). Os dados climáticos são apresentados na Figura 1A. Foi utilizada irrigação, com aplicação de duas lâminas de 12 mm, visando à incorporação da uréia nas duas adubações de cobertura.

Na área com resteva de milho, foram aplicados 2 L ha⁻¹ do herbicida glifosato, com pulverizador tratorizado com 250 L ha⁻¹ de calda, visando dessecar a vegetação existente. Posteriormente, procedeu-se ao sulcamento com semeadora adubadora de plantio direto de três linhas, com tração mecanizada e à semeadura manual das plantas de cobertura, sem adubação, no dia 3 de outubro de 2006. A C foi semeada na densidade de 50 sementes por metro linear (Calegari et al., 1992) e o M (cultivar ADR-500) na densidade de 15 kg ha⁻¹ (Pereira Filho et al., 2003). O espaçamento utilizado foi de 0,5 m, com semeadura simultânea de linhas alternadas no caso do consórcio.

O manejo das plantas de cobertura foi realizado 128 DAS. Como o crescimento alcançado pelas plantas de cobertura impossibilitou a aplicação do herbicida, procedeu-se, anteriormente, a um manejo mecânico, utilizando-se uma grade leve suspensa, apenas para derrubar as plantas, não havendo nenhum contato do implemento com o solo, de forma que não houve nenhuma incorporação. Após esta operação, foi aplicada uma dose de 5 L ha⁻¹ de glifosato

com pulverizador costal, utilizando 300 L ha⁻¹ de calda, para dessecação das plantas. O M já apresentava sementes viáveis e a C se encontrava no início da frutificação, com sementes ainda verdes. As produções de fitomassa seca do M solteiro e do consórcio com C foram de 6,900 e 12,449 Mg ha⁻¹, respectivamente, com a C contribuindo com 73,1% do material do consórcio.

A semeadura direta do feijoeiro foi realizada mecanicamente, 15 dias após a dessecação das plantas de cobertura, no dia 23 de fevereiro de 2006, utilizando-se a mesma semeadora adubadora utilizada para semeadura das plantas de cobertura. Optou-se por um número maior de sementes por metro linear, sendo realizado desbaste aos 15 DAE, reduzindo para 12 plantas por metro. Ainda sim, algumas parcelas ficaram com estande aquém do planejado, sendo feita a contagem do estande inicial e submetida à análise de variância.

O delineamento estatístico foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas. As parcelas foram constituídas pelas palhadas de M (*Pennisetum typhoides* (Burm.) Stapf) e seu consórcio com C (*Crotalaria juncea*) e as subparcelas pelas combinações entre duas doses de N na semeadura (30 e 60 kg ha⁻¹) e quatro doses de N em cobertura (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹). O tratamento adicional foi constituído pela dose de base de 30 kg ha⁻¹ de N, sem cobertura, com inoculação das sementes do feijoeiro com *Rhizobium tropici* e aplicação foliar de Co e Mo.

A adubação de base constou da aplicação de 320 kg ha⁻¹ da fórmula NPK 08-28-16, utilizando-se uréia para complementar as adubações nitrogenadas de base para 30 e 60 kg ha⁻¹, conforme os tratamentos. Para adubação de cobertura também foi utilizada a uréia, em duas aplicações, aos 20 e 30 DAE, aplicando-se 12 mm de água após cada cobertura para incorporação, por meio de aspersão convencional. Nos tratamentos adicionais, a inoculação foi feita no sulco de semeadura, com inoculante na forma líquida, preparado pelo Laboratório de Microbiologia do Solo do Departamento de Ciência do Solo da

UFLA, quando as plantas se apresentavam no estágio fenológico V₁ (primeiro trifólio desdobrado). A estirpe de *Rhizobium tropici* utilizada foi a UFLA 02-100. As aplicações de Co e Mo foram feitas com pulverizador costal, aplicando-se 60 g ha⁻¹ de Mo aos 20 DAE (Chagas et al., 1999) e 25 g ha⁻¹ de Co, divididos em duas aplicações, aos 20 e 30 DAE (Junqueira Netto et al., 2001). Cada subparcela foi constituída por cinco linhas de 5 m de comprimento, no espaçamento de 0,5 m, com 4,5 m² de área útil (três linhas de 3 m).

Aos 30 DAE, procedeu-se à aplicação de mistura comercial (1 L ha⁻¹, 300 L ha⁻¹ de calda) dos herbicidas fomezafen e fluazifop p-butyl, para controle das plantas daninhas em pós-emergência.

A cultivar de feijoeiro foi a BRS-MG Talismã, desenvolvida pelo convênio UFLA/UFV/Epamig/Embrapa e recomendada para Minas Gerais. Apresenta grãos tipo carioca, crescimento indeterminado com guias longas (tipo III), porte prostrado, ciclo médio de 85 dias, resistência à raça alfa Brasil (patótipo 89) de antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e ao mosaico comum (VMCF) e resistência intermediária à mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*) (CULTIVAR, 2002).

Quando 50% das plantas estavam com flores abertas, foram coletadas cinco plantas por parcela, as quais foram secas em estufas de circulação forçada de ar, para a determinação da produção de fitomassa seca. Utilizou-se, para isso, a massa média das cinco plantas multiplicada pelo estande final.

A colheita foi realizada 88 DAS, sendo avaliado o rendimento de grãos com seus componentes primários (estande final, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa média de cem grãos). Determinou-se a umidade, corrigindo-se a massa de 100 grãos e o rendimento para 13% (Associação Brasileira de Ensino Agrícola Superior, 1987).

Os dados experimentais foram submetidos a testes de homogeneidade de variância. Como os dados apresentaram variâncias homogêneas, procedeu-se à

análise de variância, sem necessidade de transformação. Os efeitos das palhadas e doses de N na semeadura foram avaliados pelo teste de F, a 5% de probabilidade. Os efeitos das doses de nitrogênio em cobertura foram estudados por meio de análises de regressão e, nos casos em que a interação foi significativa, procedeu-se ao desdobramento (Gomes, 2000) das doses em cobertura dentro das palhadas e das doses de base. Quando necessário para complementar a discussão, desdobraram-se as palhadas e doses de base dentro das doses de cobertura. Os tratamentos adicionais foram comparados com os tratamentos de doses correspondentes de N do fatorial, com o emprego de dois contrastes ortogonais (Zimmermann, 2004), visando verificar o efeito da inoculação e aplicação de Co e Mo em cada palhada.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou efeito significativo apenas das palhadas no rendimento de grãos (Tabela 9A). O maior rendimento de grãos foi obtido na palhada formada pelo cultivo exclusivo de M, com 1.766 kg ha^{-1} (Tabela IV1). Valério et al. (2003), no mesmo local, com a cultivar pérola e semeadura em dezembro, obtiveram, aproximadamente, 2.000 kg ha^{-1} , com 80 kg ha^{-1} de N na semeadura. Na média de três épocas, o autor observou que, em patamares de rendimento próximos ao obtido no presente trabalho, aplicando-se 120 kg ha^{-1} na semeadura, não houve resposta à adubação de cobertura. Cabe ressaltar que se tratava de cultivo convencional, em solo com $2,2 \text{ dag kg}^{-1}$ de matéria orgânica (MO).

O presente trabalho foi realizado em área sob SPD há mais de oito anos de adoção do sistema, com $3,0 \text{ dag kg}^{-1}$ de MO em média, o que pode ter conferido maiores teores de N no solo, anulando a resposta à adubação nitrogenada. Além desse fator, as palhadas ciclaram altas quantidades de N (Tabela V1) que foram liberadas rapidamente para a cultura (Figura V2). Apesar de o feijoeiro não ter respondido à adubação nitrogenada na semeadura e em cobertura, as produções obtidas nas duas palhadas foram superiores à média nacional, no ano de 2005, de 806 kg ha^{-1} (Brasil, 2006), estando próximas à obtida por Silva et al. (1994), de 2.038 kg ha^{-1} , com semeadura em dezembro.

TABELA IV1 Estandes inicial e final, produção de fitomassa, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de cem grãos e rendimento de grãos do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, sob doses de nitrogênio na semeadura e em cobertura, em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+C no SPD. UFLA, Lavras, MG, 2006¹.

	<i>Estande inicial</i> (plantas ha ⁻¹)	<i>Estande final</i> (plantas ha ⁻¹)	<i>Fitomassa</i> (kg ha ⁻¹)	<i>Vagens/planta</i>	<i>Grãos/vagem</i>	<i>Massa 100</i> grãos (g)	<i>Rendimento</i> (kg ha ⁻¹)
M	233.299	235.208	2.758	10,4	4,7	21,72	1.766 a
M+C	243.750	225.035	2.790	9,3	4,6	21,55	1.571 b
30	240.382	230.729	2.733	10,1	4,7	21,72	1.672
60	236.667	229.514	2.814	9,6	4,6	21,55	1.665
0	233.055	223.055	2.525	9,8	4,8	21,50	1.641
40	243.889	236.944	2.805	9,6	4,6	21,11	1.589
80	235.833	226.944	2.810	9,8	4,7	21,54	1.696
120	241.319	233.542	2.956	10,1	4,6	22,38	1.749

¹Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente, pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

Pela Tabela IV1 observa-se que o feijoeiro apresentou alto crescimento vegetativo, acumulando, em média, 2.774 kg ha⁻¹ de fitomassa seca na parte aérea, por ocasião do florescimento. Apesar de não ter ocorrido resposta a aplicação de N, a produção de fitomassa média verificada neste trabalho foi próxima do valor obtido com a cultivar pérola, sob SPD, por Farinelli et al. (2006) em duas safras, com semeadura em dezembro e aplicação de 12 + 120 kg ha⁻¹ de N (semeadura + cobertura), quando o feijoeiro respondeu linearmente em produção de fitomassa e rendimento de grãos até doses em torno de 120 kg ha⁻¹. É comum que, em condições de maior temperatura, ocorra maior desenvolvimento vegetativo do feijoeiro. A título de comparação, cita-se o trabalho de Pereira et al. (2004), no qual a cultivar Pérola, semeada em maio, apresentou produção média de fitomassa seca muito inferior, de 4,59 g planta⁻¹ contra 12,13 g planta⁻¹, em média, no presente estudo. Dessa maneira, pode-se afirmar que houve crescimento normal do feijoeiro, mesmo nas menores doses de N.

Com relação aos componentes de produção, os valores verificados para o número de vagens por planta foram superiores aos obtidos por Diniz et al. (1998), Andrade et al. (1998) e Teixeira et al. (2000). Os valores para o número de grãos por vagem foram próximos aos verificados por Andrade et al. (1998) e um pouco inferiores aos observados por Diniz et al. (1998) e Teixeira et al. (2000), de cinco grãos por vagem. No entanto, estes autores encontraram rendimentos semelhantes aos obtidos no presente trabalho. Em situações de maior rendimento de grãos, verifica-se que o número de vagens por planta é superior, como no de Teixeira et al. (2005) e Farinelli et al. (2006), com 12,76 e 12,5 vagens por planta, respectivamente, podendo-se afirmar que o componente participou como fator limitante para a obtenção de maiores rendimentos.

Assim como o feijoeiro não respondeu às doses de N na semeadura e em cobertura, a inoculação também não proporcionou acréscimo em nenhum dos

componentes de produção. Isso pode ser verificado na Tabela 10A, em que os contrastes das médias dos tratamentos adicionais, com inoculação e aplicação de Co e Mo, com as médias dos tratamentos com menores doses de N do fatorial não foram significativos, em ambas as palhadas.

4 CONCLUSÕES

O feijoeiro não respondeu, em rendimento de grãos, às doses de N na semeadura e em cobertura em nenhuma das palhadas.

O maior rendimento de grãos foi obtido sob palhada de M.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, M.J.B.; DINIZ, A.R.; CARVALHO, J.G.; LIMA, S.F. Resposta da cultura do feijoeiro à aplicação foliar de molibdênio e às adubações nitrogenadas de plantio e cobertura. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 22, p. 499-508, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSINO AGRÍCOLA SUPERIOR. **Secagem de sementes**. Brasília, 1987. 37 p.

BARBOSA FILHO, M.P.; COBUCCI, T.; MENDES, P.N. **Adubação nitrogenada no cultivo do feijoeiro comum irrigado sob plantio direto**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 8 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 29).

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Agricultura brasileira em números – Anuário 2005**. Disponível em: <www.agricultura.gov.br> Acesso em: 06 dez. 2006.

CALEGARI, A. et al. Caracterização das principais espécies de adubo verde. In: _____. **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1992. p. 207-327.

CARVALHO, M.A.C. **Adubação verde e sucessão de culturas em semeadura direta e convencional em Selvíria – MS**. 2000. 189 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal)- Universidade Estadual do Estado de São Paulo, Jaboticabal.

CARVALHO, M.A.C.; FURLANI JUNIOR, E.; ARF, O.; SÁ, M.E.; PAULINO, H.B.; BUZETTI, S. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila no feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 445-450, 2003.

CHAGAS, J.M. et al. Feijão. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (5ª Aproximação)**. Viçosa, MG, MG: CFSEMG/UFV, 1999. p. 306-307.

CULTIVAR de feijão Talismã. Sete Lagoas: UFLA/UFV/EMBRAPA/EPAMIG, 2002. Folder.

DINIZ, A.R.; ANDRADE, M.J.B.; CARVALHO, J.G.; RAMALHO, M.A.P., BERGO, C.L. Avaliação preliminar da resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à aplicação foliar de molibdênio e adubação nitrogenada em cobertura. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 22, p. 226-231, 1998.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Brasília, 2000. 412 p.

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, n. 2, p. 307-312, 2006.

GIACOMINI, S.J. et al. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 325-334, 2003.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 14.ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 2000. 477 p.

JOSÉ, M.R. **Atributos físicos de um Latossolo Vermelho-amarelo submetido a diferentes sistemas de manejo na região de Lavras - MG**. 2000. 58 p. Dissertação (Mestrado em Solos e nutrição de plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

JUNQUEIRA NETTO, A., JUNQUEIRA, A.D.A., JUNQUEIRA, G.D.A. Micronutrientes: recomendações práticas. In: _____. **Sistemas de produção de feijão irrigado**. Piracicaba: ESALQ-USP, 2001. p. 43-62.

KOGEL-KNABNER, I. The macromolecular organic composition of plant and microbial residues as inputs to soil organic matter. **Soil Biology & Biochemistry**, v.34, p.139-162, 2002.

LOPES, A.S. Recomendações de calagem e adubação no SPD. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (5ª Aproximação)**. Viçosa, MG, MG: CFSEMG/UFV, 1999. p. 93-98.

LOPES, A.S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L.R.G.; SILVA, C.A. **SPD: bases para o manejo da fertilidade do solo**. São Paulo: ANDA, 2004. 110 p.

OLIVEIRA, I.P. de; ARAUJO, R.S.; DUTRA, L.G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAÚJO, R.S. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. p. 169-221.

PEREIRA, J.C.R.; RODRIGUES, R.A.F.; ARF, O.; ALVAREZ, A.C.C. Influência do manejo do solo, lâminas de água e doses de nitrogênio na produtividade do feijoeiro. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 26, n. 1, p. 13-19, 2004.

PEREIRA FILHO, I. A.; FERREIRA, A. S.; COELHO, A. M.; CASELA, C. R.; KARAM, D.; RODRIGUES, J. A. S.; CRUZ, J. C.; WAQUIL, J. M. **Manejo da cultura do M**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 17 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 29).

RIBEIRO, C.M. **Rendimento e viabilidade econômica das culturas de milho, soja e feijão sob diferentes sistemas de manejo de solo, após oito anos de plantio direto**. 2000. 93 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

RODRIGUES, J.R. de M. **Resposta do feijoeiro (cvs Carioca e Pérola) a doses de nitrogênio e fósforo**. 2001. 124 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ROMANINI JÚNIOR, A.; ARF, O; BINOTTI, F.F.S.; BUZETTI, S.; COSTA, R.S.S.; AFONSO, R.J. Mecanismos de abertura do sulco para deposição do fertilizante e aplicação de nitrogênio em cobertura em feijão de inverno sob plantio direto. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. v. 2, p. 831-834.

SILVA, A. J. da. **Respostas de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à adubação nitrogenada**. 1988. 85 p. Dissertação. (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)-Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

SILVA, V.A. da. **Efeitos de métodos de preparo do solo e níveis de fertilizante NPK sobre o feijão da seca (*Phaseolus vulgaris*) em seqüência a cultura do milho**. 1994. 66 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

TEIXEIRA, C.M.; CARVALHO, G.J.; ANDRADE, M.J.B.; FURTINI NETO, A.E.; MARQUES, E.L. Palhadas e doses de nitrogênio no plantio direto do feijoeiro. **Acta Scientiarum**, v. 27, p. 499-505, 2005.

TEIXEIRA, I.R. et al. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Pérola) a diferentes densidades de semeadura e doses de nitrogênio. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, p. 399-408, 2000.

URCHEI, M.A. **Efeitos do plantio direto e do preparo convencional sobre alguns atributos físicos de um Latossolo vermelho-escuro argiloso e no crescimento e desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob irrigação.** 1996. 131 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem)-Faculdade de Ciências Agrônômicas do Campus de Botucatu-UNESP, Botucatu.

VALÉRIO, C.R.; ANDRADE, M.J.B.; FERREIRA, D.F.; REZENDE, P.M. Resposta do feijoeiro comum a doses de nitrogênio no plantio e em cobertura. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, p. 1560-1568, 2003. Edição Especial.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações.** Viçosa: UFV, 1991. 449 p.

XAVIER, M.A. **Influência da inoculação e do nitrogênio em cobertura em dois cultivares de feijoeiro comum sob sistema de plantio direto.** 2002. 33 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)-Universidade Estadual do Estado de São Paulo.

ZIMMERMANN, F.J.P. **Estatística aplicada à pesquisa agrícola.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 402 p.

V – DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE MACRONUTRIENTES DAS PALHADAS DE MILHETO E MILHETO+CROTALÁRIA NO PLANTIO DIRETO DO FEIJOEIRO*

(Preparado de acordo com as normas da “Revista Brasileira de Ciência do Solo”)

Resumo – Avaliaram-se a produção de fitomassa seca, o teor e o acúmulo de macronutrientes e a decomposição e liberação de nutrientes das palhadas de M solteiro e consorciado com *Crotalaria juncea*, em ambiente de campo, sob a cultura do feijoeiro de verão/outono, semeado em fevereiro. Para a determinação da decomposição e da liberação de nutrientes foram distribuídas bolsas confeccionadas com telas de náilon, com malha de 1 mm, de dimensões 0,2 x 0,2 m, preenchidas com quantidades de palha proporcionais à área da bolsa. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas. As parcelas foram constituídas pelas duas palhadas e as subparcelas pelas épocas de avaliação ao longo do cultivo do feijoeiro (0, 8, 16, 24, 40, 56 e 72 dias). Os resíduos coletados foram secos em estufa de circulação forçada de ar, a 65°C, até atingirem massa constante, para a determinação da matéria seca remanescente (MSR), sendo posteriormente moídos e encaminhados para laboratório, para a determinação dos teores de macronutrientes. Com base nos teores e na MSR, foram calculadas as quantidades remanescentes dos macronutrientes (MR), sendo expressos em porcentagem do valor inicial. Os valores foram ajustados a modelos não lineares, escolhendo-se os modelos com melhor ajuste em cada situação. O consórcio entre M e C produziu maior quantidade de fitomassa seca. Os maiores teores de Ca e Mg foram observados na palhada de M+C, com os maiores teores de K e S sendo encontrados no M solteiro. A palhada de M+C liberou maior quantidade de todos os macronutrientes, à exceção do S. A palhada de M apresentou maior velocidade de liberação de N.

Termos para indexação: ciclagem de nutrientes, “litter-bags”, decomposição, modelos não-lineares, consórcio gramínea x leguminosa.

* Comitê Orientador: Gabriel José de Carvalho – UFLA (Orientador), Carlos Alberto Silva – UFLA e Messias José Bastos de Andrade – UFLA.

DECOMPOSITION AND MACRONUTRIENTS RELEASE OF MILLET AND MILLET PLUS *Crotalaria juncea* STRAWS ON BEAN NO-TILL*

Abstract – It was evaluated the biomass production, macronutrients contents and accumulation, decomposition and nutrient release from straws of millet (*Pennisetum typhoides* (Burm.) Stapf) and millet plus C (*Crotalaria juncea*) intercropping, in field condition, under dry bean, sowed in february (summer/autumn). The decomposition and nutrient release was determined with 1 mm mesh nylon bags of 0,2 x 0,2 m, fueled with straw quantities relative to this area. The experimental design was randomized blocks with four replications in split plot arrangement, with the straws in the plots and evaluation periods in sub-plots (0, 8, 16, 24, 40, 56 e 72 days). The collected residues was dried to determinate the remaining dry matter amounts and grind and send to laboratory to determinate the macronutrient contents. By the contents and remaining dry matter amounts was determined the remaining nutrients amounts, expressing in relative from initial amounts. Non-linear models were fit to the values, choosing the better adjustment. The millet plus jack-bean intercropping provide the largest biomass production. The greatest Ca and Mg contents were also observed in intercropping with the greatest K and S contents in single millet. The straw from intercropping release the bigger quantities of all the macronutrients, excepting S. The single millet present the bigger nitrogen speed release.

Index terms: nutrients recycle, litter bags, decomposition, non-linear models, grass x leguminous intercropping.

* Guidance committee: Gabriel José de Carvalho – UFLA (Adviser), Carlos Alberto Silva – UFLA e Messias José Bastos de Andrade – UFLA.

1 INTRODUÇÃO

A produção e a manutenção de palhada sobre a superfície do solo constituem os principais gargalos para o sucesso do SPD, principalmente em regiões mais quentes, onde as altas temperaturas, aliadas à umidade proporcionada pelo grande volume de chuvas no verão, aceleram a decomposição da matéria orgânica.

Além das condições ambientais, entre os fatores intrínsecos do material depositado na superfície do solo, destaca-se a relação carbono nitrogênio (C/N). Contudo, os teores de lignina e celulose, a presença de fenóis e a carga de nutrientes presentes nos resíduos influenciam, do mesmo modo, a taxa de decomposição do material incorporado ao solo (Kogel-Knabner, 2002) e o balanço dos processos de imobilização/mineralização. Materiais com maior relação C/N, como as gramíneas, permanecem por mais tempo no solo. Porém, no início da decomposição, há tendência de maior imobilização de nutrientes, já que a quantidade dos mesmos, principalmente de N, disponíveis na palha, não é adequada para a microbiota decompositora, o que implica em imobilização e diminuição da disponibilidade de alguns nutrientes para as culturas.

Por outro lado, a utilização de leguminosas para a produção de palha constitui um manejo favorável ao aumento do teor e disponibilidade de N nos solos, com o inconveniente da sua rápida decomposição, o que propicia ao solo pouca cobertura.

Além do aspecto quantidade, alguns esforços da pesquisa têm sido direcionados à avaliação da qualidade da fitomassa proveniente das mais diversas espécies. A capacidade de reciclagem de nutrientes, principalmente de camadas mais profundas, a dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes para a cultura comercial, bem como a capacidade de FBN, no caso específico das espécies leguminosas, têm sido exploradas. Ressalta-se a limitação da

utilização de leguminosas em regiões mais quentes, pois a baixa relação C/N favorece a decomposição e reduz a durabilidade do material, deixando o solo exposto aos fatores de erosão.

Como alternativa, com bons avanços na região Sul do Brasil, destaca-se a utilização de consórcios entre gramíneas e leguminosas. O cultivo das espécies consorciadas resulta em material com relação C/N intermediária àquela das espécies isoladas, com menor taxa de decomposição, se comparada à das leguminosas isoladas, proporcionando cobertura de solo por mais tempo e sincronia entre fornecimento e demanda de N pelas culturas. Cita-se, ainda, a liberação mais rápida dos nutrientes dos resíduos da leguminosa, disponibilizando-os mais rapidamente para a cultura principal (Giacomini et al., 2003). Entretanto, para a utilização dos consórcios em regiões com temperaturas mais elevadas, é necessária a adaptação da tecnologia por meio da identificação de combinações entre espécies mais adaptadas, além do entendimento da dinâmica de decomposição do material e da imobilização/mineralização de nutrientes no solo.

Dentre as gramíneas utilizadas como cobertura, destaca-se o M que, de acordo com Bernardi et al. (2004), levou a um incremento significativo da expansão do SPD na região dos cerrados. Atualmente, é a espécie mais utilizada para a formação de palha nessas regiões, devido à sua adaptação a áreas de maior déficit hídrico e à possibilidade de uso tanto para cobertura do solo como para pastejo. Como principais características da espécie, os autores destacam a alta capacidade de reciclagem de nutrientes (especialmente N e K), a supressão de plantas daninhas por meio dos efeitos físicos e ou alelopáticos, a possibilidade de diminuir a incidência de nematóides, quando utilizado em rotação e a formação de palhada mais duradoura em relação às leguminosas.

Porém, além das características intrínsecas da espécie, o ambiente constitui importante fator na decomposição dos resíduos. Para Kliemann et al.

(2006), apesar de o M possuir relação C/N próxima a 30, quando manejadas nas fases de florescimento e emborrachamento, as palhadas formadas pela cultura têm apresentado altas taxas de decomposição nos cerrados, devido ao clima quente e chuvoso, dificultando o acúmulo de palha.

Dentre as principais características de interesse da *Crotalaria juncea* cita-se a alta produção de fitomassa e a fixação de nitrogênio, além do potencial de controle de nematóides (Calegari et al., 1992). De acordo com Wutke (1993), a *Crotalaria juncea* pode fixar de 150 a 165 kg ha⁻¹ de N, podendo chegar a 450 kg ha⁻¹ em certas situações, produzindo de 10 a 15 Mg ha⁻¹ de matéria seca ciclando 41 e 217 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O, respectivamente. Aos 130 dias, pode apresentar raízes até 4,5 m de profundidade.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a produção de fitomassa seca, o teor e o acúmulo de macronutrientes e a decomposição e a liberação de nutrientes das palhadas de M solteiro e consorciado com C, durante o ciclo da cultura do feijoeiro de verão/outono, em SPD.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em área experimental que vinha sendo cultivada com milho no SPD há 8 anos, ocupada anteriormente por pastagem de *Brachiaria decumbens*, localizada no Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no período de outubro de 2005 a maio de 2006. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférrico típico (EMBRAPA, 2000) e seus atributos químicos, durante o período experimental, são apresentados na Tabela 2A. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, temperado úmido, com verão quente e inverno seco (Vianello & Alves, 1991). Os dados climáticos são apresentados na Figura 1A.

Na resteva do milho foi aplicado herbicida glifosato, na dose de 2 L ha⁻¹, com pulverizador tratorizado com 250 L ha⁻¹ de calda, visando dessecar as plantas daninhas existentes. Posteriormente, procedeu-se ao sulcamento com semeadora adubadora de plantio direto de três linhas, com tração mecanizada e a semeadura manual das plantas de cobertura, sem adubação, no dia 3 de outubro de 2005. As palhadas foram formadas pelo M solteiro e consorciado com C. Para semeadura do M (cultivar ADR-300), foi utilizada uma densidade de 15 kg ha⁻¹ (Pereira Filho, 2003). Para a C, foram distribuídas 50 sementes por metro linear (Calegari et al., 1992). O espaçamento utilizado foi de 0,5 m. No caso do consórcio, a semeadura foi simultânea, em linhas alternadas da gramínea com a leguminosa, reduzindo, conseqüentemente, a densidade do M pela metade.

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas. As parcelas foram constituídas pelas duas palhadas e as subparcelas pelas épocas de avaliação ao longo do cultivo do feijoeiro (0, 8, 16, 24, 40, 56 e 72 DAS). O trabalho foi conduzido em experimento com feijoeiro nas duas palhadas, sendo utilizadas as parcelas do

mesmo que não receberam adubação nitrogenada em cobertura, com dimensões de 2,5 x 5 m. Como o número de linhas foi ímpar e o consórcio foi semeado em linhas alternadas, foram utilizadas três linhas de feijão-de-porco para duas de M em dois blocos e a proporção contrária nos outros dois, buscando uma distribuição igual das duas espécies na média das repetições.

Para a caracterização inicial da produção de fitomassa e acúmulo de macronutrientes, as amostragens foram feitas em quatro faixas transversais às parcelas, distribuídas de forma homogênea ao longo das mesmas. Portanto, os valores de cada parcela foram provenientes de quatro subamostras. Para tanto, foram cortadas, rente ao solo, quatro linhas de dois metros (duas de cada espécie no caso dos consórcios) e pesadas para a determinação da fitomassa verde. Para a determinação do teor de matéria seca foram utilizados, aproximadamente, 500 g e secos até a estabilização da massa, permitindo o cálculo da produção de matéria seca. As mesmas amostras foram moídas para a determinação dos teores de macronutrientes. No consórcio, os teores foram determinados separadamente no M e na C, calculando-se o teor inicial da palhada por meio da proporção entre as duas espécies.

O manejo das plantas de cobertura foi realizado 128 DAS. Como o crescimento alcançado pelas plantas de cobertura impossibilitou a aplicação do herbicida, procedeu-se, anteriormente, a um manejo mecânico, utilizando-se uma grade leve suspensa, apenas para derrubar as plantas, não havendo nenhum contato do implemento com o solo, de forma que não houve nenhuma incorporação. Após esta operação, foi aplicada uma dose de 5 L ha⁻¹ de glifosato, para a dessecação das plantas. O M já apresentava sementes viáveis e a C se encontrava no início da frutificação, com sementes ainda verdes.

A decomposição e a liberação de nutrientes foram determinadas utilizando-se o método das “litter bags”, o qual consiste na utilização de bolsas confeccionadas com telas de náilon, com malha de 1 mm. As dimensões das

bolsas foram de 0,2 x 0,2 m, perfazendo 0,04 m² e foram preenchidas com quantidades das palhadas, de acordo com a proporção entre a quantidade de massa por hectare das mesmas e a área da bolsa. Para o preenchimento das bolsas, as plantas passaram por pré-secagem ao ar, sendo completada em estufa de circulação forçada. Foram realizadas seis coletas (uma bolsa por coleta), aos 8, 16, 24, 40, 56 e 72 DAS do feijoeiro.

A cada período de amostragem, os resíduos contidos nas bolsas foram secos em estufa de circulação forçada de ar a 65°C, até atingirem massa constante, para a determinação da matéria seca remanescente (MSR). Posteriormente, os resíduos foram moídos em moinho tipo Wiley e encaminhados para o Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Ciência do Solo da UFLA, para a determinação dos teores de macronutrientes. Com base nos teores e na MSR, foram calculadas as quantidades remanescentes dos macronutrientes (MR) e expressos em porcentagem do valor inicial.

As taxas (constantes) de decomposição e de liberação de macronutrientes das palhadas foram estimadas ajustando-se modelos de regressão não lineares aos valores observados, conforme proposto por Wieder & Lang (1982), citados por Aita & Giacomini (2003):

$$(1) \text{ MSR e MR} = A e^{-K_a t} + (100-A)$$

$$(2) \text{ MSR e MR} = A e^{-K_a t} + (100-A) e^{-K_b t}$$

Em que:

MSR: porcentagem de matéria seca remanescente;

MR: porcentagem de macronutrientes remanescentes;

K_a : constante de decomposição do compartimento mais facilmente decomponível (A);

K_b : constante de decomposição do compartimento mais recalcitrante (100-A);

t: tempo, em dias.

Ambos os modelos consideram que a matéria seca e os nutrientes contidos nas palhadas podem ser divididos em dois compartimentos, o primeiro mais facilmente decomponível (A) e o segundo mais recalcitrante (100-A). No modelo assintótico (1), são transformados apenas a matéria seca e os nutrientes do compartimento mais facilmente decomponível, diminuindo exponencialmente com o tempo, a uma taxa constante (K_a). O compartimento mais recalcitrante não sofre transformação no período considerado. No modelo exponencial duplo (2), a matéria seca e os nutrientes dos dois compartimentos diminuem exponencialmente a taxas constantes, com a primeira fração transformada a taxas mais elevadas (K_a) que a segunda (K_b), que é de mais difícil decomposição (recalcitrante).

A escolha do tipo de modelo que melhor se ajustou a cada conjunto de dados foi feita com base na significância dos parâmetros da equação e no coeficiente de determinação (R^2), o qual indica o grau de associação entre os valores observados e o modelo ajustado.

Os dados experimentais foram submetidos a testes de homogeneidade de variância. Como os dados apresentaram variâncias homogêneas, procedeu-se às

análises de variância, sem necessidade de transformação. Uma análise de variância (Gomes, 2000) foi realizada visando verificar se houve interação entre palhadas e tempos de amostragem, ou seja, se as palhadas apresentaram comportamentos diferentes durante o período de amostragem com relação à decomposição e à liberação de nutrientes. Uma segunda análise de variância (Gomes, 2000) comparou os acúmulos iniciais de matéria seca e de nutrientes, das duas palhadas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou interação significativa entre palhadas e tempo somente para o N remanescente (Tabela 11A), ou seja, as palhadas se comportaram de forma diferenciada somente para liberação de N. Em todas as variáveis houve significância para o fator tempo, podendo-se afirmar que, para todas as variáveis, houve alteração dos valores durante o período de avaliação, ou seja, liberação dos nutrientes com a decomposição dos resíduos vegetais.

Tanto para a MSR quanto para MR, os valores observados se ajustaram ao modelo assintótico, com uma fase inicial rápida correspondente ao compartimento mais decomponível, seguida de outra mais lenta (recalcitrante).

A velocidade de decomposição das duas palhadas não foi estatisticamente diferente (Tabela 11A), podendo-se observar, na Figura V1, que as curvas ajustadas pelo modelo são bem próximas. À época do manejo, observou-se que os caules da C se apresentavam bastante fibrosos, podendo-se inferir que, devido ao ciclo bastante adiantado (130 dias), as plantas acumularam quantidades relativamente grandes de celulose. Assim, este acúmulo de celulose pode ter reduzido a velocidade de decomposição da C, já que, além da relação C/N e do teor de lignina, o teor de celulose também é determinante nos processos de decomposição (Kogel-Knabner, 2002).

O diferencial entre as palhadas foi determinado pela matéria seca inicial, podendo-se afirmar que o consórcio proporcionou melhor cobertura de solo, já que sua produção de fitomassa seca foi de 12,450 Mg ha⁻¹, contra 6,900 Mg ha⁻¹ do M solteiro (Tabela V1). Dessa forma, ao final do estudo (72 DAM), ainda havia 7,103 Mg ha⁻¹ da palhada de M+C contra 4,280 Mg ha⁻¹ do M.

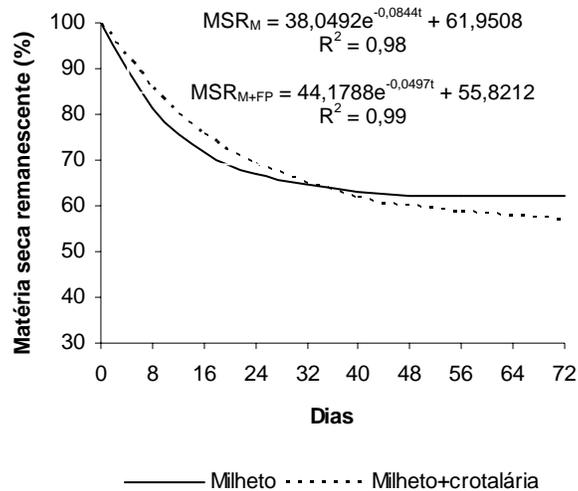


FIGURA V1: Matéria seca remanescente das palhadas de M e M+C, em avaliações realizadas no campo, sob a cultura do feijoeiro, até 72 DAM. UFLA, Lavras, MG, 2006.

A palhada de M+C apresentou maiores acúmulos iniciais de todos os macronutrientes, com exceção do S (Tabela V1). Isso se deve, em grande parte, à maior produção de fitomassa seca, exceto nos casos do Ca e Mg, em que a palhada de M+C apresentou maiores teores, contribuindo, dessa forma, para que a mesma apresentasse maiores acúmulos destes elementos (Tabela V1).

Observa-se, na Tabela 11A, que ocorreu interação significativa entre palhadas e tempos para a liberação de N, podendo-se afirmar que o comportamento das duas palhadas foi diferenciado. Assim, a palhada de M apresentou maior velocidade de liberação em relação ao seu consórcio com C (Figura V2). O fato de a palhada de M+C ter apresentado menor velocidade de liberação de N, em relação ao M solteiro, está relacionado com seu menor acúmulo do nutriente, praticamente a metade (Tabela V1). Como as velocidades de decomposição da matéria seca foram semelhantes e a liberação dos

nutrientes, à exceção do K, tende a acompanhar a decomposição do material, a velocidade de liberação de N do M, em termos relativos, foi superior.

TABELA V1 Acúmulos iniciais de fitomassa seca (Mg ha^{-1}) e macronutrientes (kg ha^{-1}) e teores de macronutrientes (dag kg^{-1}) das palhadas de M e M+C. UFLA, Lavras, MG, 2006¹.

Acúmulos				
Palhada	Fitomassa seca	N	P	K
M	6,900 b	131,10 b	18,23 b	161,25 b
M+C	12,450 a	252,11 a	30,67 a	210,45 a
C.V. (%)	8,29	20,37	11,13	5,21
Acúmulos				
Palhada	Ca	Mg	S	
M	36,19 b	10,27 b	18,63 a	
M+C	127,60 a	30,72 a	22,18 a	
C.V. (%)	21,11	18,78	9,41	
Teores				
Palhada	N	P	K	
M	1,90 a	0,26 a	2,34 a	
M+C	2,03 a	0,25 a	1,69 b	
C.V. (%)	22,65	9,49	6,50	
Teores				
	Ca	Mg	S	
M	0,49 b	0,15 b	0,27 a	
M+C	1,03 a	0,25 a	0,18 b	
C.V. (%)	21,84	17,45	13,24	

¹Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, para cada palhada, não diferem significativamente, pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

O acúmulo inicial de N da palhada de M+C foi de 252,11 kg ha⁻¹, acumulando o M solteiro 131,10 kg ha⁻¹ (Tabela V1). Apesar da maior velocidade de decomposição da palhada de M, em termos absolutos, o M+C liberou maior quantidade de N para o solo. De acordo com a recomendação oficial do estado de Minas Gerais, a adubação nitrogenada em cobertura, para o nível tecnológico mais alto, deve ser dividida em duas aplicações, aos 20 e 30 DAE, totalizando 60 kg ha⁻¹ (Chagas et al., 1999). Aos 20 DAE, as palhadas de M e M+C já haviam liberado 102,7 e 170,6 kg ha⁻¹ de N, sendo suficiente para suprir a demanda de N da cultura. Isso porque, em ambas as palhadas, não houve resposta às doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura para o rendimento de grãos e seus componentes primários (Tabela 9A).

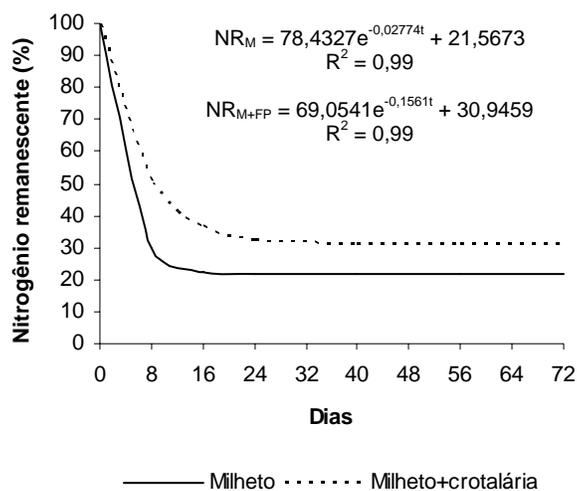


FIGURA V2: Nitrogênio remanescente das palhadas de M e M+C, em avaliações realizadas no campo, sob a cultura do feijoeiro, até 72 DAM. UFLA, Lavras, MG, 2006.

A maior liberação de N da palhada de M+C proporcionou maiores teores de N-NH_4^+ no solo (Figura V3), lembrando que as avaliações de N no solo foram feitas nas parcelas com menor dose de N na semeadura e sem cobertura nitrogenada.

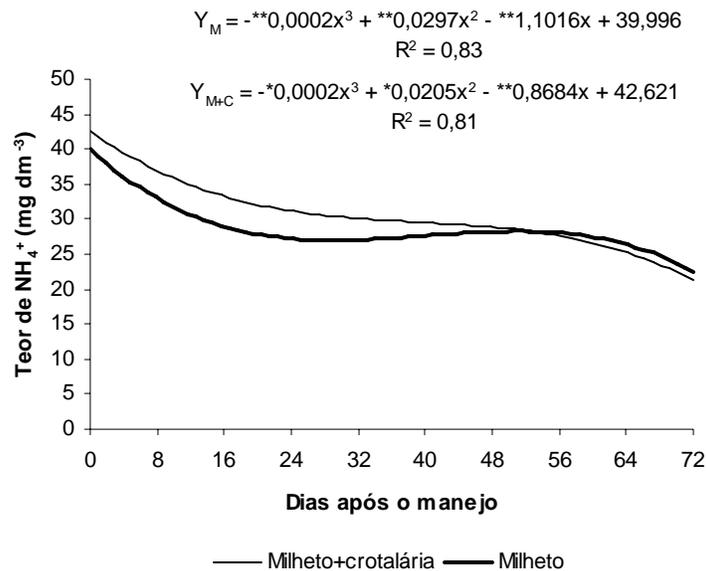


FIGURA V3: Nitrogênio- NH_4^+ no solo, sob as palhadas de M e M+C, sob a cultura do feijoeiro em SPD, até 72 DAM das palhadas. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Para os demais nutrientes não houve interação entre palhadas e tempos (Tabela 11A), ou seja, o comportamento das duas palhadas foi muito semelhante. Para o P observa-se, na Figura V4, que as curvas são bastante próximas. Por outro lado, observa-se, pelos dados da Tabela V1, que o acúmulo de P pela palhada de M+C foi superior, com 30,67 contra 18,23 kg ha^{-1} do M, o que permitiu que a palhada formada pelo consórcio liberasse maior quantidade de P ao longo do estudo. Vieira (2006) verificou que a maior taxa de absorção de P da cultivar BRS-MG Talismã ocorre aos 53 DAE, o que corresponde, neste

estudo, aos 58 DAM, quando a palhada de M+C havia liberado 23,2 kg ha⁻¹ de P contra 8,1 kg ha⁻¹ do M. Porém, a diferença na liberação pelas palhadas não influenciou a nutrição do feijoeiro em P (Tabelas 1F e 2F), provavelmente devido à aplicação de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na semeadura. Cabe ressaltar que Vieira (2006) verificou acúmulo, ao final do ciclo do feijoeiro, de 14,5 kg ha⁻¹ de P, quantidade inferior àquela ciclada pela palhada formada pelo consórcio.

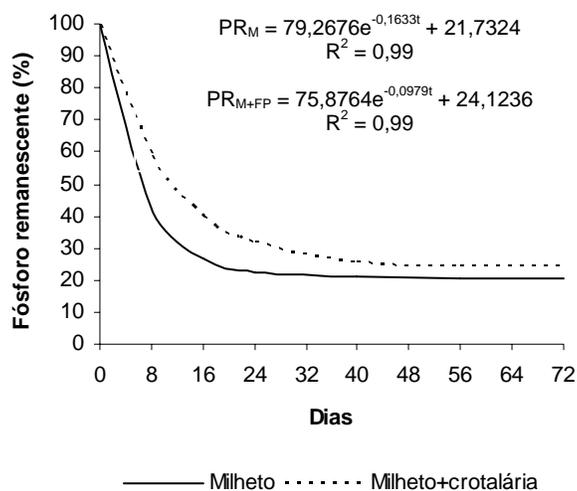


FIGURA V4: Fósforo remanescente das palhadas de M e M+C, em avaliações realizadas no campo, sob a cultura do feijoeiro, até 72 DAM. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Na Tabela 11A verifica-se que não houve interação significativa entre palhadas e tempo para o K. Na Figura V5 pode-se observar que as curvas de liberação descritas pelo modelo são muito próximas. Dessa forma, o diferencial, em termos de ciclagem de K pelas palhadas, está no maior acúmulo inicial da palhada de M+C, o que conferiu à mesma maior liberação do elemento para o solo.

Vieira (2006) verificou que a maior taxa de absorção de K da cultivar BRS-MG Talismã ocorreu aos 43 DAE, correspondente a 48 DAM no presente estudo, quando as palhadas de M+C e M haviam liberado 153,7 e 105,6 kg ha⁻¹ de K, respectivamente. Essas liberações de K são superiores à recomendação de adubação para solo com teor médio do elemento, de 40 kg ha⁻¹ de K₂O, que correspondem a 33 kg ha⁻¹ de K. O K reciclado pelas plantas de cobertura já estava presente no solo, não havendo adição do elemento. As plantas de cobertura utilizadas possuem sistemas radiculares agressivos e profundos, se comparados ao do feijoeiro (Pereira Filho, 2003; Wutke, 1993), extraindo os nutrientes de camadas mais profundas do solo, as quais não seriam exploradas pela cultura.

Ressalta-se que a liberação gradual do elemento, ao longo do ciclo cultural do feijoeiro, pode aumentar a eficiência de utilização devido ao menor risco de perdas por lixiviação, se comparada à aplicação de 40 kg ha⁻¹ de K₂O, na semeadura.

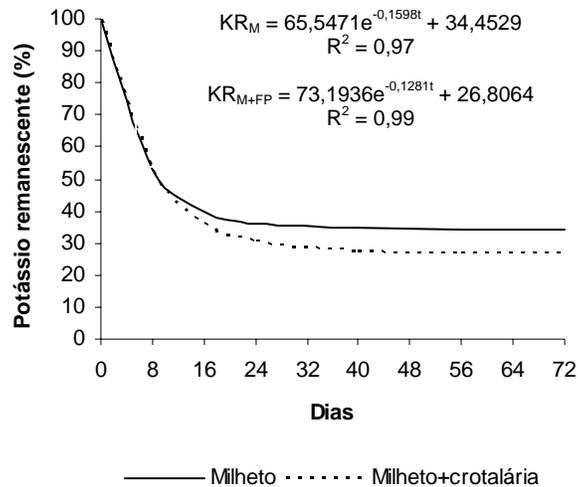


FIGURA V5: Potássio remanescente das palhadas de M e M+C, em avaliações realizadas no campo, sob a cultura do feijoeiro, até 72 DAM. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Apesar de não ter ocorrido interação significativa entre palhadas e tempos para o Ca (Tabela 11A), observa-se, na Figura V6, que as curvas de liberação do elemento pelas palhadas são um pouco distintas. De acordo com o modelo utilizado, 71,1% do Ca da palhada de M+C é liberado de forma mais rápida, contra 55,5% do M. Além da liberação mais rápida, a palhada de M+C acumulou quantidade de Ca 3,5 vezes maior que a de M, sendo os valores encontrados de 127,6 e 36,19 kg ha⁻¹ (Tabela V1).

Vieira (2006) verificou acúmulo máximo de Ca pelo feijoeiro (mesma cultivar) de 45 kg ha⁻¹ aos 65 DAE, o que, no presente estudo, corresponde a 70 DAM das palhadas. Nesse momento, as palhadas de M e M+C já haviam liberado 90,3 e 17,5 kg ha⁻¹, porém, esta diferença não foi suficiente para influenciar os teores de Ca do feijoeiro cultivado sob as palhadas, o que pode ser explicado pelos teores de Ca do solo (Tabela 2A), os quais são considerados bons (Alvarez V. et al., 1999).

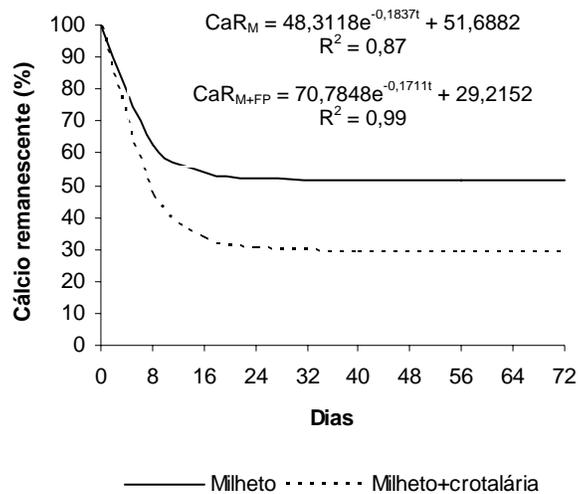


FIGURA V6: Cálcio remanescente das palhadas de M e M+C, em avaliações realizadas no campo, sob a cultura do feijoeiro, até 72 DAM. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Apesar das curvas de liberação de Mg descritas pelo modelo não serem tão próximas (Figura V7), não houve interação significativa entre palhadas e tempos para a liberação do nutriente (Tabela 11A). No entanto, devido ao maior acúmulo inicial de Mg da palhada formada pelo consórcio (Tabela V1), que foi de 30,72 contra 10,27 kg ha⁻¹ do M solteiro, esta foi mais eficiente na ciclagem do elemento, tendo, ao final do estudo, liberado 23,1 kg ha⁻¹ de Mg, contra 8,6 kg ha⁻¹ do M.

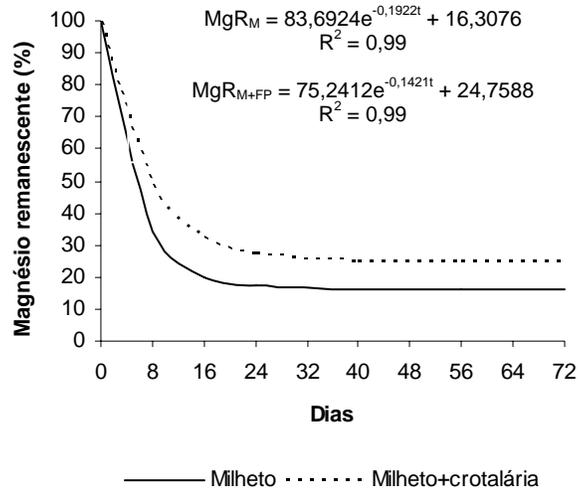


FIGURA V7: Magnésio remanescente das palhadas de M e M+C, em avaliações realizadas no campo, sob a cultura do feijoeiro, até 72 DAM. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Para a liberação de S, o comportamento das duas palhadas foi muito parecido (Figura V8), não havendo interação entre palhadas e tempo (Tabela 11A). Ao contrário dos demais nutrientes, os acúmulos de S das duas palhadas não foram significativamente diferentes (Tabela V1). Ao final do estudo, as palhadas haviam ciclado, em média, $10,1 \text{ kg ha}^{-1}$ de S.

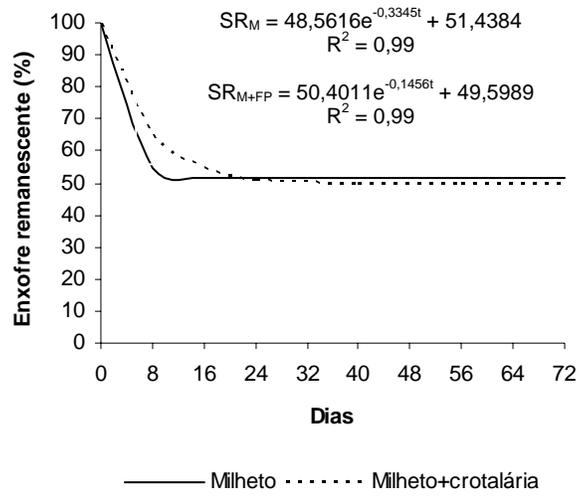


FIGURA V8: Enxofre remanescente das palhadas de M e M+C, em avaliações realizadas no campo, sob a cultura do feijoeiro, até 72 DAM. UFLA, Lavras, MG, 2006.

4 CONCLUSÕES

1 – O consórcio entre M e C produziu maior quantidade de fitomassa seca.

2 – Os maiores teores de Ca e Mg foram observados na palhada de M+C e os maiores teores de K e S no M solteiro.

3 – A palhada de M+C liberou maior quantidade de todos os macronutrientes, à exceção do S.

4 – A palhada de M apresentou maior velocidade de liberação de N.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ V., V.H. et al. Interpretação dos resultados de análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (5ª Aproximação)**. Viçosa, MG, MG: CFSEMG/UFV, 1999. p. 306-307.

AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Decomposição e liberação de nitrogênio (N) de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 601-612, 2003.

BERNARDI, A. C. C.; CARVALHO, M. C. S; FREITAS, P. L.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. P.; MACHADO, LEANDRO, W. M.; SILVA, T. M. **No SPD é possível antecipar a adubação do algodoeiro**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 8 p. (Embrapa Solos. Comunicado Técnico, 24).

CALEGARI, A. et al. Caracterização das principais espécies de adubo verde. In: _____. **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1992. p. 207-327.

CHAGAS, J.M. et al. Feijão. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (5ª Aproximação)**. Viçosa, MG, MG: CFSEMG/UFV, 1999. p. 306-307.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Brasília, 2000. 412 p.

GIACOMINI, S.J. et al. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 325-334, 2003.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 14.ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 2000. 477p.

KLIEMANN, H.J.; BRAZ, A.J.P.B.; SILVEIRA, P.M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em latossolo vermelho distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 36, p. 21-28, 2006.

KOGEL-KNABNER, I. The macromolecular organic composition of plant and microbial residues as inputs to soil organic matter. **Soil Biology & Biochemistry**, v.34, p.139-162, 2002.

PEREIRA FILHO, I. A.; FERREIRA, A. S.; COELHO, A. M.; CASELA, C. R.; KARAM, D.; RODRIGUES, J. A. S.; CRUZ, J. C.; WAQUIL, J. M. **Manejo da cultura do M.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 17 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 29).

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações.** Viçosa: UFV, 1991. 449 p.

VIEIRA, N.M.B. **Crescimento e marcha de absorção de nutrientes no feijoeiro cvs. BRS-MG talismã e ouro negro, em plantio direto e convencional.** 2006. 145 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras.

WUTKE, E.B. Adubação verde, manejo da fitomassa e espécies utilizadas no Estado de São Paulo. In: **Curso de adubação verde no Instituto Agrônomo.** Campinas: Instituto Agrônomo, 1993. p. 17-29. (Documentos, 15)

VI – NUTRIÇÃO MINERAL DO FEIJOEIRO SOB INFLUÊNCIA DE NITROGÊNIO E PALHADAS DE MILHETO SOLTEIRO E CONSORCIADO COM CROTALÁRIA*

(Preparado de acordo com as normas da revista “Acta Scientiarum”)

Resumo – O objetivo foi avaliar o efeito das palhadas de M (*Pennisetum typhoides* (Burm.) Stapf) e M+C (*Crotalaria juncea* (L.) DC.) em combinação com diferentes doses de nitrogênio, sobre a nutrição mineral do feijoeiro de verão/outono, cultivado sob SPD. O ensaio foi conduzido no campo experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, MG, Brasil. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas. As parcelas foram constituídas pelas duas palhadas (M e M+C) e as subparcelas por um fatorial $(2 \times 4) + 1$, representado por duas doses de N na semeadura (30 e 60 kg ha⁻¹) e quatro doses de N em cobertura (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹), mais um tratamento adicional com 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura e inoculação das sementes com *Rhizobium tropici* e aplicação foliar de Co e Mo. Foram avaliados os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn. A aplicação de N em cobertura promoveu incrementos lineares nos teores de N e Mg. A inoculação e a aplicação de Co e Mo reduziu o teor de Ca na palhada de M+C e aumentou o teor de Cu na palhada de M.

Termos para indexação: Plantas de cobertura, plantio direto, consórcio gramínea x leguminosa, fixação biológica de nitrogênio.

* Comitê Orientador: Gabriel José de Carvalho – UFLA (Orientador), Carlos Alberto Silva – UFLA e Messias José Bastos de Andrade – UFLA.

**BEAN MINERAL NUTRITION INFLUENCED BY NITROGEN AND
STRAWS OF MILLET AND MILLET PLUS *Crotalaria juncea*
INTERCROPPING***

Abstract – This study objective was to evaluate the millet (*Pennisetum typhoides* (Burm.) Stapf) and millet plus *Crotalaria juncea* (L.) DC. intercropping, in combination with nitrogen fertilization levels on summer/autumn bean mineral nutrition in no-till. The experiment was carried out at Federal University of Lavras (Lavras, Minas Gerais state, Brazil) in a randomized blocks design and four replications in split plot arrangement, with the straws in the plots and nitrogen levels at sowing with (30 e 60 kg ha⁻¹) and at topdressing (0, 40, 80 and 120 kg ha⁻¹) in a factorial (2 x 4) + 1 in sub-plots, plus an additional treatment with 30 kg ha⁻¹ at sowing and bean seeds inoculation by *Rhizobium tropici* with Co and Mo foliar appliance. The dry bean macro and micronutrients contents and accumulation was determined. The nitrogen topdressing levels increased the N and Mg foliar contents. The inoculation and Mo and Co foliar appliance reduced the Ca content at millet plus *Crotalaria juncea* intercropping straw and increase the Cu content in millet straw.

Index terms: Cover crops, no-till, grassy x leguminous intercropping, biology nitrogen fixation.

* Guidance committee: Gabriel José de Carvalho – UFLA (Adviser), Carlos Alberto Silva – UFLA e Messias José Bastos de Andrade – UFLA.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o SPD é largamente utilizado em diversas regiões do Brasil, abrangendo, na safra de 2003/2004, uma área de, aproximadamente, 22 milhões de hectares (FEBRAPDP, 2007a). No início da década de 1990, o SPD rompeu as fronteiras da região Sul, ocupando, em 2000/2001, 4,9 milhões de hectares na região dos cerrados, o que representou, naquele ano, cerca de 30% da área manejada sob este sistema no Brasil (FEBRAPDP, 2007b).

A principal dificuldade encontrada para implantação do SPD em áreas de menor latitude se refere à manutenção da palhada sobre a superfície do solo. Isso ocorre devido às estações bem definidas, com precipitação concentrada na primavera/verão, dificultando a produção de fitomassa na entressafra e com altas temperaturas, acelerando a decomposição da palhada. A obtenção dos benefícios dessa forma de cultivo está diretamente ligada à adição de fitomassa suficiente para a proteção do solo pela palhada, conforme puderam comprovar José (2000) e Silveira & Stone (2001), segundo os quais os benefícios do SPD não se manifestaram devido a não utilização de plantas de cobertura. Como a expansão do SPD para diferentes regiões agrícolas do país é relativamente recente, os resultados relativos às melhores plantas produtoras de palha e seus efeitos nas culturas comerciais ainda são escassos.

As respostas do feijoeiro a doses de N dependem do histórico da área de plantio, das doses de adubo nitrogenado aplicadas no plantio e em cobertura, do teor e composição da matéria orgânica do solo, da quantidade e tipo de palhada adicionada em antecedência à implantação da cultura, do esquema de rotação de cultura e da classe de resposta do solo a nitrogênio que, segundo Raij (1997), representa a interação dos fatores mencionados anteriormente. A cultura do feijoeiro tem apresentado respostas a doses superiores a 100 kg ha⁻¹ de N. Oliveira et al. (1996) afirmam que tais doses são necessárias para garantir a

extração do nutriente, associada a altas produções. Alguns autores encontraram respostas lineares a aplicações de doses de nitrogênio superiores a 100 kg ha⁻¹ (Silva, 1988; Teixeira et al., 2000; Rodrigues, 2001; Xavier, 2002; Carvalho et al., 2003 e Romanini Júnior et al., 2005). No SPD, principalmente nos primeiros anos de implantação, a resposta do feijoeiro à aplicação de N pode ser ainda maior, devido à imobilização do elemento por meio de sua incorporação pelos microrganismos do solo que mediam a decomposição da palhada.

Os fertilizantes nitrogenados são fabricados utilizando-se a amônia como matéria-prima, obtida do nitrogênio do ar pela combinação com hidrogênio sob condições de alta pressão e temperatura na presença de catalizador. O gás hidrogênio é obtido a partir de gás natural ou de derivados do petróleo. Conseqüentemente, a produção de adubos nitrogenados consome a maior parte da energia utilizada na fabricação de fertilizantes (Raij, 1991). Pesquisas visando minimizar o uso de fertilizantes nitrogenados estão associadas à redução do consumo de combustíveis fósseis e da emissão de carbono para atmosfera por meio de sua queima, a qual contribui para o efeito estufa e o aquecimento do planeta. Cita-se, ainda, o risco da lixiviação, principalmente da forma nítrica, que pode ser provocada pelo uso indiscriminado dos fertilizantes nitrogenados. Além do aspecto ambiental, cabe ressaltar que a quase metade dos fertilizantes nitrogenados consumidos no Brasil é importada (Isherwood, 2000), impactando negativamente na balança comercial.

Na região Sul, alguns trabalhos foram realizados, com leguminosas de inverno como ervilhaca, ervilha forrageira, tremoço azul e chícharo e o consórcio ervilhaca+aveia preta, com vistas à economia de N na cultura do milho. Resultados promissores foram obtidos por Amado et al. (1999), Basso & Ceretta (2000), Bortolini et al. (2000) e Aita et al. (2001), o que resultou na recomendação, por Amado et al. (2002), de adubação nitrogenada para a cultura do milho nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, baseada na

expectativa de produção, no teor de matéria orgânica do solo e na quantidade e qualidade da palhada (exclusiva de leguminosa, consórcio gramínea x leguminosa ou exclusiva de gramínea).

De acordo com Giacomini et al. (2003), o consórcio entre gramíneas e leguminosas produz palhada com relação C/N intermediária àquela das espécies em cultivos isolados, o que leva à menor taxa de decomposição em relação aos resíduos de leguminosas, proporcionando cobertura de solo por mais tempo e sincronização das etapas de fornecimento e maior demanda de N pelas culturas. Cita-se, ainda, a liberação mais rápida dos nutrientes contidos na palhada da leguminosa, disponibilizando-os mais rapidamente para a cultura principal.

Oliveira et al. (2002), estudando o efeito no feijoeiro das palhadas de milho, sorgo, milho, feijão-de-porco, mucuna-preta, bem como dos consórcios das gramíneas com as leguminosas, encontraram maiores valores para número de vagens por planta e rendimento de grãos sob palhada de M. Os autores atribuíram o fato à maior quantidade de fitomassa, associada ao elevado acúmulo de macro e micronutrientes.

Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de doses de nitrogênio, na semeadura e em cobertura, na nutrição do feijoeiro de verão/outono, em sucessão à adição das palhadas de M e M+C.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em área experimental localizada no Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no período de outubro de 2005 a maio de 2006. A área vinha sendo conduzida sob SPD há oito anos, inicialmente coberta por *Brachiaria decumbens*, alternando períodos de pousio com o cultivo de milho. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico típico (EMBRAPA, 2000) e seus atributos químicos são apresentados na Tabela 2A. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, temperado úmido, com verão quente e inverno seco (Vianello & Alves, 1991). Os dados climáticos são apresentados na Figura 1A. Foi utilizada irrigação, com aplicação de duas lâminas de 12 mm, visando à incorporação da uréia nas duas adubações de cobertura.

Na área com resteva de milho, foram aplicados 2 L ha⁻¹ do herbicida glifosato, com pulverizador tratorizado com 250 L ha⁻¹ de calda, visando dessecar a vegetação existente. Posteriormente, procedeu-se ao sulcamento com semeadora adubadora de plantio direto de três linhas, com tração mecanizada e à semeadura manual das plantas de cobertura, sem adubação, no dia 3 de outubro de 2006. A C foi semeada na densidade de 50 sementes por metro linear (Calegari et al., 1992) e o M (cultivar ADR-500) na densidade de 15 kg ha⁻¹ (Pereira Filho et al., 2003). O espaçamento utilizado foi de 0,5 m, com semeadura simultânea de linhas alternadas no caso do consórcio.

O manejo das plantas de cobertura foi realizado 128 DAS. Como o crescimento alcançado pelas plantas de cobertura impossibilitou a aplicação do herbicida, procedeu-se, anteriormente, a um manejo mecânico, utilizando-se uma grade leve suspensa, apenas para derrubar as plantas, não havendo nenhum contato do implemento com o solo, de forma que não houve nenhuma incorporação. Após esta operação, foi aplicada uma dose de 5 L ha⁻¹ de glifosato

com pulverizador costal, utilizando-se 300 L ha⁻¹ de calda, para dessecação das plantas. O M já apresentava sementes viáveis e a C se encontrava no início da frutificação, com sementes ainda verdes. As produções de fitomassa seca do M solteiro e do consórcio com C foram de 6,900 e 12,449 Mg ha⁻¹, respectivamente, com a C contribuindo com 73,1% do material do consórcio.

A semeadura direta do feijoeiro foi realizada mecanicamente, 15 dias após a dessecação das plantas de cobertura, no dia 23 de fevereiro de 2006, utilizando-se a mesma semeadora adubadora utilizada para semeadura das plantas de cobertura. Optou-se por um número maior de sementes por metro linear, sendo realizado desbaste aos 15 DAE, reduzindo para 12 plantas por metro. Ainda sim, algumas parcelas ficaram com estande aquém do planejado, sendo feita a contagem do estande inicial e submetida à análise de variância.

O delineamento estatístico foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas. As parcelas foram constituídas pelas palhadas de M (*Pennisetum typhoides* (Burm.) Stapf) e seu consórcio com C (*Crotalaria juncea*) e as subparcelas pelas combinações entre duas doses de N na semeadura (30 e 60 kg ha⁻¹) e quatro doses de N em cobertura (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹). O tratamento adicional foi constituído pela dose de base de 30 kg ha⁻¹ de N, sem cobertura, com inoculação das sementes do feijoeiro com *Rhizobium tropici* e aplicação foliar de Co e Mo.

A adubação de base constou da aplicação de 320 kg ha⁻¹ da fórmula NPK 08-28-16, utilizando-se uréia para complementar as adubações nitrogenadas de base para 30 e 60 kg ha⁻¹, conforme os tratamentos. Para adubação de cobertura também foi utilizada a uréia, em duas aplicações, aos 20 e 30 DAE, aplicando-se 12 mm de água, após cada cobertura, para incorporação, por meio de aspersão convencional. Nos tratamentos adicionais, a inoculação foi feita no sulco de semeadura, com inoculante na forma líquida, preparado pelo Laboratório de Microbiologia do Solo do Departamento de Ciência do Solo da

UFLA, quando as plantas se apresentavam no estágio fenológico V₁ (primeiro trifólio desdobrado). A estirpe de *Rhizobium tropici* utilizada foi a UFLA 02-100. As aplicações de Co e Mo foram feitas com pulverizador costal, aplicando-se 60 g ha⁻¹ de Mo aos 20 DAE (Chagas et al., 1999) e 25 g ha⁻¹ de Co, divididos em duas aplicações, aos 20 e 30 DAE (Junqueira Netto et al., 2001). Cada subparcela foi constituída por cinco linhas de 5 m de comprimento, no espaçamento de 0,5 m, com 4,5 m² de área útil (três linhas de 3 m).

Aos 30 DAE, procedeu-se à aplicação de mistura comercial (1 L ha⁻¹, 300 L ha⁻¹ de calda) dos herbicidas fomezafen e fluazifop p-butyl, para controle das plantas daninhas em pós-emergência.

A cultivar de feijoeiro foi a BRS-MG Talismã, desenvolvida pelo convênio UFLA/UFV/Epamig/Embrapa e recomendada para Minas Gerais. Apresenta grãos tipo carioca, crescimento indeterminado com guias longas (tipo III), porte prostrado, ciclo médio de 85 dias, resistência à raça alfa Brasil (patótipo 89) de antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e ao mosaico comum (VMCF) e resistência intermediária à mancha-angular (*Phaeoisariopsis griseola*) (CULTIVAR, 2002).

Quando 50% das plantas se encontravam com flores abertas foram coletadas aleatoriamente, dentro da área útil, cinco plantas por subparcela, as quais foram secas em estufas de circulação forçada de ar, para a determinação da produção de fitomassa seca, utilizando-se a massa média das cinco plantas multiplicada pelo estande final. Para determinação dos teores foliares de macro e micronutrientes, foram coletadas folhas trifolioladas do terço médio de 20 plantas por subparcela. Após a coleta, as folhas foram lavadas em água, passando as mesmas, após a lavagem, por água destilada e procedendo-se, posteriormente, à secagem em estufa. As folhas secas foram moídas em moinho tipo Wiley e encaminhadas ao Laboratório de Nutrição de Plantas do Departamento de Solos da UFLA, onde foram determinados os teores de N, P,

K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn. Os teores de macro e micronutrientes foram expressos em dag kg^{-1} e mg kg^{-1} , respectivamente.

Os acúmulos de macro e micronutrientes foram obtidos pela relação entre os teores dos nutrientes em cada subparcela e a sua produção de fitomassa seca, sendo expressos em kg ha^{-1} e g ha^{-1} , respectivamente.

Os dados experimentais foram submetidos a testes de homogeneidade de variância. Como os dados apresentaram variâncias homogêneas, procedeu-se à análise de variância, sem necessidade transformação. Os efeitos das palhadas e doses de base foram avaliados pelo teste de F, a 5% de probabilidade. Os efeitos das doses em cobertura foram estudados por meio de análises de regressão e, nos casos em que a interação foi significativa, procedeu-se ao desdobramento (Gomes, 2000) das doses em cobertura dentro das palhadas e das doses de base. Quando necessário para complementar a discussão, desdobraram-se as palhadas e doses de base dentro das doses de cobertura. O tratamento adicional foi comparado com o tratamento de dose correspondente de N do fatorial. Para tanto, foram feitos dois contrastes ortogonais (Zimmermann, 2004), visando verificar o efeito da inoculação e aplicação de Co e Mo em cada palhada.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou efeitos significativos das doses de N na semeadura nos teores de Ca (Tabela 12A), enquanto as doses de cobertura influenciaram os teores de N e Mg. As doses palhadas influenciaram os acúmulos de Mn e as doses de N em cobertura os acúmulos de N e Mg (Tabela 13A).

A faixa de suficiência é definida como a faixa de concentração do nutriente no tecido foliar, abaixo da qual a planta sofre carência nutricional e acima da qual pode ocorrer toxicidade. De acordo com as faixas de suficiência propostas por Martinez et al. (1999), os teores médios de K, Ca, B e Mn, em todos os tratamentos, são considerados deficientes, enquanto os teores de N, S, Cu e Zn, em todos os tratamentos, estão acima de suas respectivas faixas e são considerados tóxicos (Tabela VI1).

Tomando-se como referência as faixas de suficiência propostas por Malavolta et al. (1997), os teores médios de S, em todos os tratamentos, são considerados deficientes, assim como os teores K na palhada de M+C, de Mg na palhada de M, de K e Mg, na maior e na menor dose de N na semeadura, respectivamente. Também se enquadram como deficientes, nas faixas propostas pelo autor, os teores de K e Mg nas duas menores doses de N em cobertura e de B sem aplicação de N em cobertura (Tabela VI1).

As faixas de suficiência propostas por Oliveira et al. (1996) são mais amplas, e classificam apenas o teor médio de B, sem aplicação de N em cobertura, como deficiente. Os teores médios de Fe em ambas as palhadas, na menor dose de N na semeadura e nas doses intermediárias de N em cobertura são considerados tóxicos (Tabela VI1).

TABELA VII Teores foliares de macro e micronutrientes do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, sob diferentes doses de nitrogênio na semeadura e em cobertura, em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+C no SPD. UFLA, Lavras, MG, 2006¹.

	<i>Macronutrientes (dag kg⁻¹)</i>						<i>Micronutrientes (mg kg⁻¹)</i>				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
M	5,33	0,46	2,03	2,44	0,39	0,41	31,56	13,32	452,61	100,51	58,97
M+C	5,47	0,47	1,93	2,27	0,40	0,41	31,91	14,01	488,15	107,98	59,95
30	5,44	0,47	2,00	2,28 b	0,39	0,41	31,06	13,77	537,08	96,92	57,95
60	5,36	0,46	1,95	2,43 a	0,40	0,41	32,41	13,57	403,69	111,57	60,97
0	4,98	0,46	1,92	2,40	0,33	0,40	29,56	12,64	375,31	113,59	60,93
40	5,21	0,46	1,97	2,42	0,39	0,41	33,25	14,45	638,22	115,64	60,13
80	5,53	0,48	2,01	2,29	0,42	0,41	31,73	14,34	505,54	98,45	59,85
120	5,87	0,45	2,00	2,30	0,43	0,41	32,39	13,24	362,46	89,31	56,92

¹Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente, pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

A maior dose de N na semeadura proporcionou maior teor foliar de Ca no feijoeiro (Tabela VII). As doses de N em cobertura promoveram incremento linear no teor foliar de N do feijoeiro (Figura VII). Apesar desse aumento, os teores apresentados em todas as doses se encontraram acima das faixas de suficiência propostas por Malavolta et al. (1997) e Martinez et al. (1999), de 3,00 a 3,50 e 3,00 a 5,00 dag kg⁻¹, respectivamente, estando dentro daquela proposta por Oliveira et al. (1996), de 2,80 a 6,00 dag kg⁻¹. O fato de terem sido encontrados altos teores foliares de N no feijoeiro, mesmo sem aplicação de N em cobertura, pode ser explicado pelo teor de matéria orgânica do solo (3,0 dag kg⁻¹ em média), que vinha sendo manejado sob SPD há oito anos. Assim, a aplicação de N em cobertura não promoveu incrementos significativos no rendimento de grãos (Tabela IV1).

Esse comportamento se assemelha aos obtidos por Silva (1988), Rodrigues (2001) e Nascimento et al. (2004), os quais obtiveram respostas lineares dos teores N a aplicações de doses até 100, 120 e 90 kg ha⁻¹, respectivamente, indicando que os teores máximos seriam alcançados com doses ainda maiores. Farinelli et al. (2006), em dois anos de estudo, obtiveram resposta linear, no primeiro ano, até a dose de 160 kg ha⁻¹, e quadrática no segundo, alcançando valor máximo na dose de 122,8 kg ha⁻¹ de N.

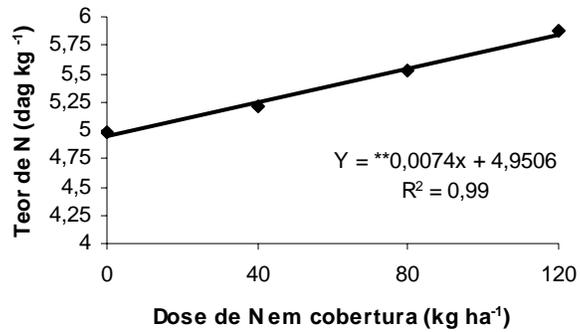


FIGURA VI1: Teor de N do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses de nitrogênio em cobertura no SPD. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Outro elemento que teve seus teores foliares influenciados pela aplicação de N em cobertura foi o Mg (Figura VI2). Este comportamento pode estar associado à mineralização mais rápida das palhadas, promovida pela aplicação de N, disponibilizando mais Mg para os feijoeiros.

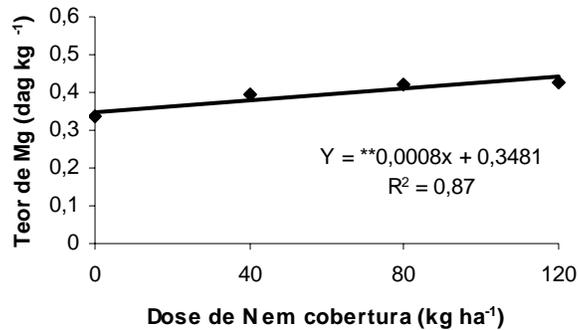


FIGURA VI2: Teor de Mg do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses de nitrogênio em cobertura no SPD. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Na Tabela 14A verifica-se que os contrastes das médias dos tratamentos adicionais, com inoculação e aplicação de Co e Mo, com as médias dos tratamentos com doses correspondentes de N do fatorial foram significativos para os teores de Ca, na palhada de M+C e, de Cu, na palhada de M. Na palhada formada pelo consórcio, o teor de Ca foi superior sem inoculação, ao contrário do Cu, que teve seu teor aumentado pela inoculação na palhada de M (Tabela VI2).

Os teores de Ca se encontraram dentro das faixas de suficiência propostas por Oliveira et al. (1996) e Malavolta et al. (1997), de 0,80 a 3,00 e 1,50 a 2,00 dag kg⁻¹, respectivamente, com exceção do teor de Ca com inoculação, na palhada de M+C, que ficou abaixo da última. Já para a faixa de suficiência proposta por Martinez et al. (1999), de 2,50 a 3,50 dag kg⁻¹, todos os teores de Ca são considerados deficientes. Já os teores de Cu são considerados adequados para as faixas de suficiência propostas por Oliveira et al. (1996) e Malavolta et al. (1997), de 10 a 20 mg kg⁻¹, sendo considerados tóxicos

tomando-se como referência a faixa de suficiência proposta por Martinez et al. (1999), de 8 a 10 mg kg⁻¹.

TABELA VI2 Teores de Ca e Cu, com e sem inoculação e aplicação de Co e Mo no feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+C, no SPD. UFLA, Lavras, MG, 2006¹.

Tratamentos		Ca (dag kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)
M	Inoculação + Co e Mo	2,07	15,87 a
	Sem inoculação	2,29	12,13 b
M+C	Inoculação + Co e Mo	1,88 b	11,47
	Sem inoculação	2,28 a	13,07

¹Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, para cada palhada, não diferem significativamente, pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

4 CONCLUSÕES

1 – A aplicação de N em cobertura promoveu incrementos lineares nos teores de N e Mg.

2 – A inoculação reduziu o teor de Ca na palhada de M+C e aumentou o teor de Cu na palhada de M.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITA, C.; BASSO, C.J.; CERETTA, C.A.; GONÇALVES, C.N.; DA ROS, C.O. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 157-165, 2001.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob SPD. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 241-248, 2002.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J., FERNANDES, S.B.V.; BAYER, C. Culturas de cobertura, acúmulo de nitrogênio total no solo e produtividade de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 679-686, 1999.

BASSO, C.J.; CERETTA, C.A. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura de solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 905-915, 2000.

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

CALEGARI, A. et al. Caracterização das principais espécies de adubo verde. In: _____. **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1992. p. 207-327.

CARVALHO, M.A.C.; FURLANI JUNIOR, E.; ARF, O.; SÁ, M.E.; PAULINO, H.B.; BUZETTI, S. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila no feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 445-450, 2003.

CHAGAS, J.M. et al. Feijão. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (5ª Aproximação)**. Viçosa, MG, MG: CFSEMG/UFV, 1999. p. 306-307.

CULTIVAR de feijão Talismã. Sete Lagoas: UFLA/UFV/EMBRAPA/EPAMIG, 2002. Folder.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Brasília, 2000. 412 p.

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, n. 2, p. 307-312, 2006.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA. **Expansão da área cultivada em plantio direto no Brasil de 1992/93 a 2003/2004**. Disponível em: <www.febrapdp.org.br>. Acesso em: 31 jan. 2007a.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA. **Expansão da área cultivada em plantio direto no Brasil por estado de 1997/98 a 2000/2001**. Disponível em: <www.febrapdp.org.br>. Acesso em: 31 jan. 2007b.

GIACOMINI, S.J. et al. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 325-334, 2003.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 14.ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 2000. 477 p.

ISHERWOOD, K.F. **Mineral fertilizer use and environment**. Revised Edition. Paris: International Fertilizer Industry Association, 2000. 63 p.

JOSÉ, M.R. **Atributos físicos de um Latossolo Vermelho-amarelo submetido a diferentes sistemas de manejo na região de Lavras - MG**. 2000. 58 p. Dissertação (Mestrado em Solos e nutrição de plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

JUNQUEIRA NETTO, A., JUNQUEIRA, A.D.A., JUNQUEIRA, G.D.A. Micronutrientes: recomendações práticas. In: _____. **Sistemas de produção de feijão irrigado**. Piracicaba: ESALQ-USP, 2001. p. 43-62.

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

MARTINEZ, H. E. P. et al. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (5ª Aproximação)**. Viçosa, MG, MG: CFSEMG/UFV, 1999. p. 143-168.

NASCIMENTO, M.S.; ARF, O.; SILVA, M.G. Resposta do feijoeiro à aplicação de nitrogênio em cobertura e molibdênio via foliar. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 26, n. 2, p. 153-159, 2004.

OLIVEIRA, I.P. de; ARAUJO, R.S.; DUTRA, L.G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAÚJO, R.S. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. p. 169-221.

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

PEREIRA FILHO, I. A.; FERREIRA, A. S.; COELHO, A. M.; CASELA, C. R.; KARAM, D.; RODRIGUES, J. A. S.; CRUZ, J. C.; WAQUIL, J. M. **Manejo da cultura do M**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 17 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 29).

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Ceres/POTAFOS, 1991. 343 p.

RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285p.

RODRIGUES, J.R. de M. **Resposta do feijoeiro (cvs Carioca e Pérola) a doses de nitrogênio e fósforo**. 2001. 124 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)- Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ROMANINI JÚNIOR, A.; ARF, O.; BINOTTI, F.F.S.; BUZETTI, S.; COSTA, R.S.S.; AFONSO, R.J. Mecanismos de abertura do sulco para deposição do fertilizante e aplicação de nitrogênio em cobertura em feijão de inverno sob plantio direto. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. v. 2, p. 831-834.

SILVA, A. J. da. **Respostas de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à adubação nitrogenada.** 1988. 85 p. Dissertação. (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)-Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. Teores de nutrientes e de matéria orgânica afetados pela rotação de culturas e sistema de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 387-394, 2001.

TEIXEIRA, I.R. et al. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Pérola) a diferentes densidades de semeadura e doses de nitrogênio. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 24, p. 399-408, 2000.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações.** Viçosa: UFV, 1991. 449 p.

XAVIER, M.A. **Influência da inoculação e do nitrogênio em cobertura em dois cultivares de feijoeiro comum sob sistema de plantio direto.** 2002. 33 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)-Universidade Estadual do Estado de São Paulo.

ZIMMERMANN, F.J.P. **Estatística aplicada à pesquisa agrícola.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 402 p.

ANEXOS

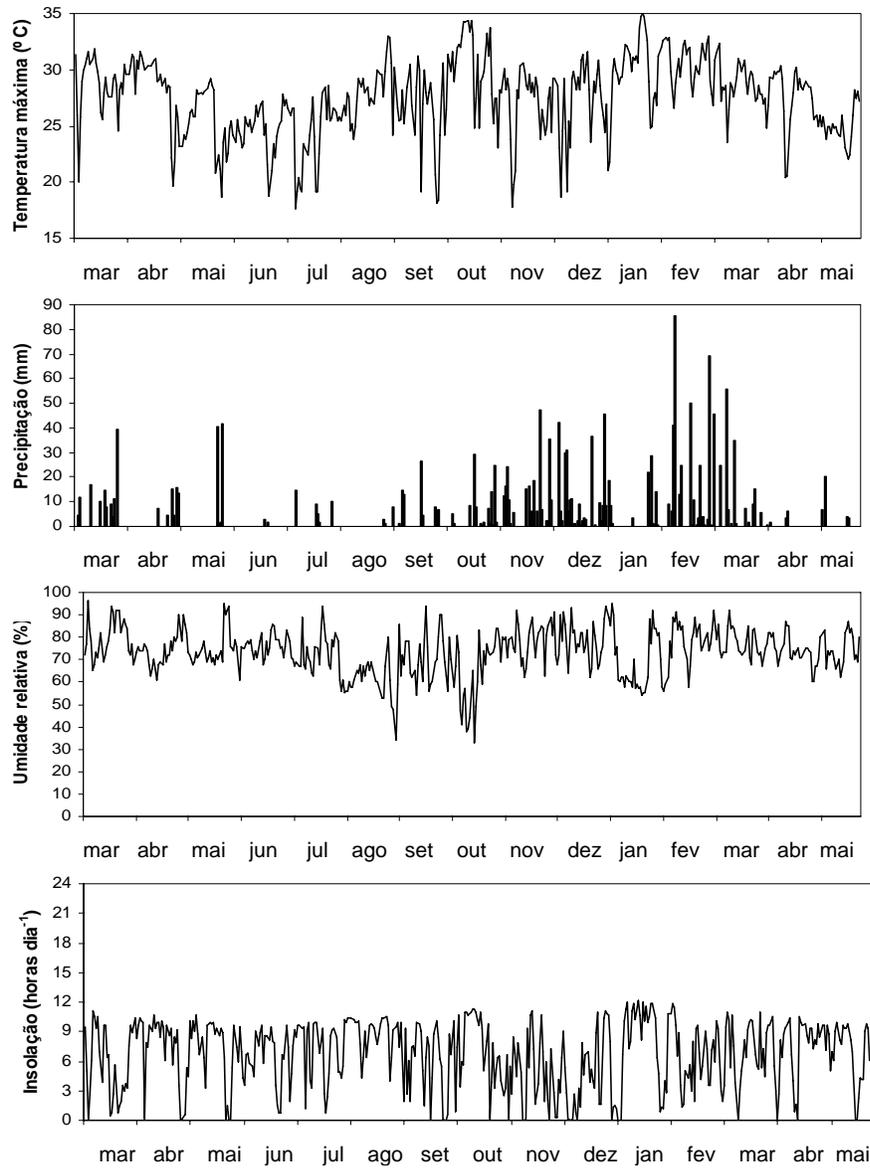


FIGURA 1A: Variações diárias da temperatura média, precipitação pluviométrica, umidade relativa do ar e insolação, no período de março de 2005 a maio de 2006 (Dados fornecidos pela Estação Climatológica Principal de Lavras, MG, em convênio com o Instituto Nacional de Meteorologia – Inmet).

TABELA 1A Características químicas de amostras da camada de 0-20 cm de profundidade antes e após o cultivo de M solteiro e consorciado com FP. UFLA, Lavras, MG, 2005.

	Inicial	Após plantas de cobertura	
		M	M+FP
pH H ₂ O (1:2,5)	5,6	5,4	5,4
P (mg dm ⁻³)	8,1	8,5	8,2
K (mg dm ⁻³)	79	75	70
Ca (cmol _c dm ⁻³)	2,1	2,7	2,8
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,5	1,0	0,7
S (mg dm ⁻³)	6,5	37,2	35,3
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,2	0,2	0,2
SB (cmol _c dm ⁻³)	2,9	3,9	3,7
t (cmol _c dm ⁻³)	3,1	4,1	3,9
T (cmol _c dm ⁻³)	5,2	7,5	7,3
V (%)	54,9	51,9	50,5
MO (dag kg ⁻¹)	2,7	2,6	2,9
Zn (mg dm ⁻³)	11,3	7,0	6,1
Fe (mg dm ⁻³)	25,2	24,8	23,5
Mn (mg dm ⁻³)	53,7	35,6	33,1
Cu (mg dm ⁻³)	3,1	2,3	2,0
B (mg dm ⁻³)	0,4	0,3	0,3

Atributos analisados de acordo com CFSEMG (1999).

TABELA 2A Características químicas da camada de 0-20 cm antes e após o cultivo de M solteiro e consorciado com C. UFLA, Lavras, MG, 2006.

	Inicial*	Após plantas de cobertura	
		M	M+C
Ph H ₂ O (1:2,5)	6,2	5,6	5,5
P (mg dm ⁻³)	5,7	8,5	8,2
K (mg dm ⁻³)	111	106	72
Ca (cmol _c dm ⁻³)	4,2	3,4	2,5
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,1	1,5	0,8
S (mg dm ⁻³)	10,9	16,0	34,4
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,1	0,0	0,2
SB (cmol _c dm ⁻³)	5,5	5,2	3,5
t (cmol _c dm ⁻³)	5,7	5,2	3,7
T (cmol _c dm ⁻³)	8,2	7,8	7,1
V (%)	66,8	66,5	49,2
MO (dag kg ⁻¹)	3,3	2,7	3,1
Zn (mg dm ⁻³)	-	1,3	7,1
Fe (mg dm ⁻³)	-	28,3	21,5
Mn (mg dm ⁻³)	-	14,1	32,7
Cu (mg dm ⁻³)	-	1,8	2,1
B (mg dm ⁻³)	-	0,3	0,3

*A amostragem inicial foi feita no ano anterior antes do cultivo de milho.
Atributos analisados de acordo com CFSEMG (1999).

TABELA 3A Resumo da análise de variância dos dados referentes aos estandes inicial e final, produção de fitomassa da parte aérea, rendimento de grãos e componentes primários do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, sob doses de nitrogênio na base e em cobertura, em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+FP no SPD. UFLA, Lavras, MG, 2005.

FV	GL	Probabilidade de $F_c > F_t$						
		Estande inicial	Estande final	Fitomassa	Vagens/planta	Grãos/Vagem	Massa 100 grãos	Rendimento
Palhada (P)	1	0,5366	0,8758	0,6912	0,1783	0,0421	0,0387	0,8835
Blocos	3	0,2201	0,4006	0,6644	0,0370	0,2943	0,0637	0,6218
Erro A	3							
Dose Base (DB)	1	0,0016	0,0151	0,2199	0,0003	0,2692	0,0028	0,0279
Dose Cob (DC)	3	0,3160	0,7986	0,0009	0,0000	0,4313	0,0000	0,0000
P x DB	1	0,6820	0,4152	0,3213	0,7763	0,9195	0,5760	0,5496
P x DC	3	0,4554	0,7601	0,2569	0,8757	0,6117	0,0509	0,4837
DB x DC	3	0,1541	0,1776	0,0155	0,9685	0,9083	0,3062	0,0580
P x DB x DC	3	0,8511	0,3251	0,4005	0,9802	0,4212	0,4831	0,9032
Adic. vs. Fatorial	1	0,0008	0,1115	0,0046	0,0044	0,2887	0,8870	0,6579
Adicional vs. P	1	0,1537	0,6846	0,1197	0,4645	0,7278	0,1494	0,3802
Erro B	48							
CV 1 (%)		17,30	22,49	42,36	11,03	7,03	5,29	42,27
CV 2 (%)		9,41	11,58	17,11	25,09	8,72	3,70	14,81

TABELA 4A Valores de F calculado dos contrastes ortogonais entre os tratamentos com e sem inoculação e aplicação de Co e Mo no feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+FP, no SPD. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Variável analisada	Fc M	Fc M+FP
Estande inicial	0,519153	4,138896
Estande final	0,120566	0,610368
Vagens/planta	2,45799	0,341478
Grãos/vagem	0,293345	0,003622
Massa de cem grãos	7,282642*	5,03729*
Fitomassa	1,198593	0,696126
Rendimento	5,76559*	6,818181*

Ft = 4,54 (5% de probabilidade).

TABELA 5A Resumo da análise de variância dos dados referentes à decomposição e liberação de macronutrientes das palhadas de M e M+FP. UFLA, Lavras, MG, 2005.

F.V.	G.L.	Probabilidade de Fc>Ft			
		MS	N	P	K
Palhadas (P)	1	0,0048	0,0815	0,3234	0,1977
Blocos	3	0,2369	0,3390	0,6179	0,4164
Erro A	3				
Tempos (T)	6	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
P x T	6	0,0000	0,0026	0,1240	0,1774
Erro B	36				
C.V. 1 (%)		8,85	40,16	41,13	16,27
C.V. 2 (%)		6,27	16,12	17,50	20,07

F.V.	G.L.	Probabilidade de Fc > Ft		
		Ca	Mg	S
Palhadas (P)	1	0,1317	0,0183	0,7525
Blocos	3	0,7456	0,3991	0,3780
Erro A	3			
Tempos (T)	6	0,0000	0,0000	0,0000
P x T	6	0,0008	0,0024	0,2951
Erro B	36			
C.V. 1 (%)		63,9	29,65	44,25
C.V. 2 (%)		16,22	13,12	23,05

TABELA 6A Resumo da análise de variância dos dados referentes aos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, sob doses de nitrogênio na base e em cobertura, em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+FP no SPD. UFLA, Lavras, MG, 2005.

FV	GL	Probabilidade de Fc > Ft										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Palhada (P)	1	0,0278	0,1581	0,3352	0,0715	0,0349	0,8891	0,8223	0,0202	0,8836	0,6795	0,2905
Blocos	3	0,0247	0,3245	0,0010	0,0184	0,2404	0,5501	0,6233	0,0104	0,1833	0,4363	0,6474
Erro A	3											
Dose Base (DB)	1	0,1251	0,1411	0,5224	0,3050	0,2843	0,0560	0,9139	0,0283	0,3191	0,0098	0,6750
Dose Cob (DC)	3	0,0000	0,7519	0,0049	0,3350	0,0000	0,0003	0,0701	0,3009	0,5867	0,3754	0,5280
P x DB	1	0,0657	0,1514	0,6028	0,4251	0,0938	0,2721	0,5385	0,0227	0,7226	0,4590	0,9278
P x DC	3	0,2224	0,9753	0,9948	0,1622	0,6004	0,1783	0,3461	0,8543	0,3404	0,0889	0,7894
DB x DC	3	0,7848	0,8381	0,6563	0,0427	0,0926	0,3185	0,5844	0,5734	0,1042	0,9075	0,1291
P x DB x DC	3	0,1370	0,3209	0,8632	0,3609	0,0318	0,9260	0,2522	0,8998	0,2363	0,5651	0,8262
Adic. vs. Fatorial	1	0,0020	0,2493	0,0000	0,0000	0,0000	0,0225	0,3194	0,0000	0,1739	0,5965	0,0030
Adicional vs. P	1	0,0428	0,1465	0,5954	0,1700	0,8005	0,9582	0,8731	0,2245	0,9409	0,3493	0,6735
Erro B	48											
CV 1 (%)		5,68	22,92	9,84	7,74	17,47	26,97	19,24	7,52	61,45	63,70	35,05
CV 2 (%)		9,26	8,83	11,26	9,42	8,11	13,05	12,42	10,33	74,32	33,91	23,64

TABELA 7A Resumo da análise de variância dos dados referentes aos acúmulos de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, sob doses de nitrogênio na base e em cobertura, em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+FP no SPD. UFLA, Lavras, MG, 2005.

FV	GL	Probabilidade de Fc > Ft										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Palhada (P)	1	0,8957	0,3366	0,6746	0,3920	0,1952	0,6287	0,7569	0,7140	0,7179	0,6572	0,4668
Blocos	3	0,2835	0,2565	0,0199	0,9681	0,9602	0,1928	0,7685	0,1491	0,3732	0,8239	0,8538
Erro A	3											
Dose Base (DB)	1	0,4672	0,3659	0,4219	0,4368	0,3687	0,9602	0,2583	0,9751	0,2638	0,1281	0,7207
Dose Cob (DC)	3	0,0000	0,0110	0,0036	0,0461	0,0000	0,0001	0,1044	0,0195	0,3443	0,9582	0,5382
P x DB	1	0,1809	0,1899	0,4570	0,5007	0,2023	0,2962	0,4502	0,1220	0,7670	0,3805	0,6713
P x DC	3	0,1234	0,3217	0,5674	0,2254	0,3380	0,0852	0,9139	0,6240	0,4974	0,1247	0,4962
DB x DC	3	0,0976	0,1623	0,3183	0,3437	0,1942	0,0309	0,2887	0,3242	0,2608	0,9696	0,9631
P x DB x DC	3	0,4150	0,0380	0,2641	0,3353	0,2652	0,4966	0,8594	0,4005	0,3854	0,7813	0,4581
Adic. vs. Fatorial	1	0,0223	0,1534	0,0026	0,0118	0,0000	0,0335	0,9674	0,0079	0,1298	0,4896	0,0056
Adicional vs. P	1	0,2932	0,3605	0,7852	0,6581	0,8489	0,8703	0,9977	0,7824	0,8817	0,5496	0,7843
Erro B	48											
CV 1 (%)		34,45	26,24	34,92	31,69	30,99	21,77	36,81	34,35	74,92	81,48	32,83
CV 2 (%)		18,68	18,02	23,65	21,73	19,08	21,34	23,66	23,07	71,42	42,50	29,08

TABELA 8A Valores de F calculado dos contrastes ortogonais, para os teores de macro e micronutrientes, entre os tratamentos com e sem inoculação e aplicação de Co e Mo no feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+FP, no SPD. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Variável analisada	Fc M	Fc M+FP
N	7,94*	2,08
P	0,00	0,24
K	36,95*	28,69*
Ca	11,12*	2,85
Mg	1,83	5,76*
S	1,53	0,09
B	0,00	0,00
Cu	22,51*	31,83*
Fe	0,14	1,71
Mn	2,79	0,13
Zn	2,19	2,49

Ft = 4,54 (5% de probabilidade).

TABELA 9A Resumo da análise de variância dos dados referentes ao estande e final, produção de fitomassa da parte aérea, rendimento de grãos e componentes primários do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, sob doses de nitrogênio na base e em cobertura, em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+C no SPD. UFLA, Lavras, MG, 2006.

FV	GL	Probabilidade de $F_c > F_t$						
		Estande Inic.	Estande fin.	Fitomassa	Vagens/Pl.	Grãos/Vagem	Massa 100 Gr.	Rendimento
Palhada (P)	1	0,0573	0,0583	0,6611	0,1126	0,9288	0,5053	0,0040
Blocos	3	0,1338	0,1920	0,0623	0,6234	0,6855	0,4538	0,0726
Erro A	3							
Dose Base (DB)	1	0,4667	0,8106	0,6355	0,3607	0,3046	0,6155	0,9178
Dose Cob (DC)	3	0,4200	0,2139	0,3555	0,9196	0,5867	0,0613	0,3632
P x DB	1	0,1398	0,1065	0,4481	0,0812	0,6063	0,1467	0,2916
P x DC	3	0,2749	0,4021	0,7315	0,2632	0,3361	0,3584	0,2064
DB x DC	3	0,7716	0,6450	0,9077	0,1775	0,9083	0,0735	0,9421
P x DB x DC	3	0,2958	0,5256	0,5108	0,1805	0,9641	0,4865	0,9434
Adic. vs. Fatorial	1	0,9233	0,1430	0,3856	0,7895	0,0267	0,0558	0,1961
Adicional vs. P	1	0,9269	0,9618	0,4657	0,7099	0,0398	0,8936	0,3783
Erro B	48							
CV 1 (%)		6,27	6,20	22,95	21,15	13,14	4,27	6,73
CV 2 (%)		8,49	8,72	24,51	21,54	9,39	6,13	15,74

TABELA 10A Valores de F calculado dos contrastes ortogonais entre os tratamentos com e sem inoculação e aplicação de Co e Mo no feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+C, no SPD. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Variável analisada	Fc M	Fc M+C
Estande inicial	3,7880	0,3927
Estande final	1,8075	1,2099
Vagens/planta	0,0007	0,0964
Grãos/vagem	4,2144	1,0073
Massa de cem grãos	0,7441	0,5399
Fitomassa	0,2168	2,4587
Rendimento	0,7490	1,3475

Ft = 4,54 (5% de probabilidade).

TABELA 11A Resumo da análise de variância dos dados referentes aos acúmulos iniciais de fitomassa seca (F.S.) e macronutrientes das palhadas de M e M+C. UFLA, Lavras, MG, 2006¹.

F.V.	G.L.	Probabilidade de Fc>Ft			
		F.S.	N	P	K
Palhadas (P)	1	0,9642	0,1565	0,1327	0,6777
Blocos	3	0,7549	0,4825	0,6868	0,2975
Erro A	3				
Tempos (T)	6	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
P x T	6	0,2619	0,0291	0,2719	0,6484
Erro B	36				
C.V. 1 (%)		6,82	53,03	33,08	82,16
C.V. 2 (%)		7,88	15,69	19,36	24,24

F.V.	G.L.	Probabilidade de Fc>Ft		
		Ca	Mg	S
Palhadas (P)	1	0,0114	0,0419	0,8925
Blocos	3	0,5294	0,1982	0,4195
Erro A	3			
Tempos (T)	6	0,0000	0,0000	0,0000
P x T	6	0,2339	0,1306	0,8270
Erro B	36			
C.V. 1 (%)		19,77	27,17	45,62
C.V. 2 (%)		18,94	14,88	13,82

TABELA 12A Resumo da análise de variância dos dados referentes aos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, sob diferentes doses de nitrogênio na base e em cobertura, em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+C no SPD. UFLA, Lavras, MG, 2006.

FV	GL	Probabilidade de Fc > Ft										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Palhada (P)	1	0,2938	0,5962	0,2312	0,3236	0,2072	0,9783	0,6930	0,9211	0,8383	0,4986	0,7728
Blocos	3	0,0775	0,2478	0,5913	0,9555	0,0271	0,1904	0,9182	0,5434	0,0938	0,1157	0,3183
Erro A	3											
Dose Base (DB)	1	0,4838	0,6933	0,3359	0,0139	0,3991	0,8546	0,3039	0,8019	0,3670	0,0792	0,2031
Dose Cob (DC)	3	0,0000	0,2001	0,6443	0,2451	0,0000	0,3066	0,2320	0,2911	0,5120	0,0823	0,6445
P x DB	1	1,0000	0,6509	0,8076	0,5886	0,5437	0,8470	0,8807	0,7570	0,2957	0,6765	0,4151
P x DC	3	0,5111	0,1510	0,9111	0,3360	0,6189	0,4367	0,6779	0,3591	0,1417	0,7783	0,5980
DB x DC	3	0,1620	0,7000	0,3505	0,5040	0,0682	0,4243	0,8569	0,9916	0,5857	0,3025	0,7039
P x DB x DC	3	0,7268	0,4010	0,3549	0,9527	0,9498	0,0857	0,1824	0,9745	0,4089	0,4516	0,2793
Adic. vs. Fatorial	1	0,8713	0,4672	0,3695	0,0000	0,0000	0,4286	0,2361	0,9973	0,9912	0,2654	0,5878
Adicional vs. P	1	0,5898	0,5310	0,5727	0,8905	0,9944	0,3768	0,7470	0,0329	0,2336	0,6230	0,5829
Erro B	48											
CV 1 (%)		7,22	13,86	13,42	26,44	11,69	11,72	15,38	37,02	94,83	32,96	32,22
CV 2 (%)		8,23	8,32	10,55	9,69	9,82	6,31	16,51	22,66	124,64	31,81	15,81

TABELA 13A Resumo da análise de variância dos dados referentes aos acúmulos de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, sob diferentes doses de nitrogênio na base e em cobertura, em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+C no SPD. UFLA, Lavras, MG, 2006.

FV	GL	Probabilidade de Fc > Ft										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Palhada (P)	1	0,5172	0,5435	0,8538	0,1472	0,3251	0,6939	0,6455	0,5274	0,8167	0,0335	0,5734
Blocos	3	0,1131	0,1402	0,1062	0,0048	0,0346	0,1727	0,1889	0,0425	0,1759	0,0007	0,2288
Erro A	3											
Dose Base (DB)	1	0,6739	0,7540	0,8403	0,2057	0,5159	0,6819	0,2893	0,9616	0,3295	0,1877	0,5667
Dose Cob (DC)	3	0,0135	0,5636	0,4707	0,6190	0,0036	0,2385	0,1238	0,2757	0,4088	0,4548	0,9022
P x DB	1	0,5137	0,6410	0,5382	0,3375	0,3114	0,4824	0,3647	0,3949	0,4059	0,8912	0,6468
P x DC	3	0,4655	0,9134	0,8752	0,8378	0,7344	0,8048	0,7223	0,4413	0,2092	0,4826	0,8988
DB x DC	3	0,7625	0,9323	0,9242	0,7561	0,8889	0,9528	0,8188	0,8238	0,5635	0,4546	0,8130
P x DB x DC	3	0,4571	0,7862	0,4268	0,6338	0,6590	0,2091	0,2010	0,7365	0,6288	0,3908	0,5413
Adic. vs. Fatorial	1	0,2134	0,3170	0,1873	0,5336	0,1073	0,1351	0,8034	0,4112	0,8904	0,7318	0,4436
Adicional vs. P	1	0,3294	0,4065	0,2560	0,4521	0,5461	0,3448	0,2426	0,3453	0,3649	0,7421	0,2430
Erro B	48											
CV 1 (%)		32,54	36,48	34,60	10,58	30,01	39,40	40,12	31,24	116,40	9,69	42,22
CV 2 (%)		24,84	26,66	28,05	27,92	28,82	24,90	29,14	33,69	127,19	40,46	30,40

TABELA 14A Valores de F calculado dos contrastes ortogonais, para os teores de macro e micronutrientes, entre os tratamentos com e sem inoculação e aplicação de Co e Mo no feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em sucessão à adição ao solo das palhadas de M e M+C, no SPD. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Variável analisada	Fc M	Fc M+C
N	1,53	0,04
P	0,01	1,35
K	0,01	0,03
Ca	1,66	5,49*
Mg	2,61	1,99
S	0,18	0,00
B	0,09	0,01
Cu	11,83*	2,16
Fe	4,26	1,13
Mn	1,59	0,27
Zn	0,03	0,05

Ft = 4,54 (5% de probabilidade).