

**PLANTAS DE COBERTURA E SEUS EFEITOS
NO SOLO E NA CULTURA DO MILHO VERDE**

DANIELI LAZARINI DE BARROS

2009

DANIELI LAZARINI DE BARROS

**PLANTAS DE COBERTURA E SEUS EFEITOS NO
SOLO E NA CULTURA DO MILHO VERDE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, área de concentração Produção Vegetal, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Gabriel José de Carvalho

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

2009

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

Barros, Danieli Lazarini.

Plantas de cobertura e seus efeitos no solo e na cultura do milho verde / Danieli Lazarini Barros. – Lavras : UFLA, 2009.

50 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.

Orientador: Gabriel José de Carvalho.

Bibliografia.

1. Índice de cobertura. 2. Fitomassa. 3. Sucessão. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.874

DANIELI LAZARINI DE BARROS

**PLANTAS DE COBERTURA E SEUS EFEITOS NO SOLO E NA
CULTURA DO MILHO VERDE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, área de concentração Produção Vegetal, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 26 de Junho de 2009

Dr. Moisés de Souza Reis

EPAMIG

Prof. Dr. Élderis Pereira Botrel

UFLA

Prof. Dr. Gabriel José de Carvalho
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

A Deus, pela sabedoria, paciência, saúde e,
principalmente, pela vida,

OFEREÇO

A minha mãe, aos meus irmãos, a minha
sobrinha e ao meu marido,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade de realização do mestrado.
A minha família, Maria José Lazarini, Daniel Lazarini de Barros, Danúbia Lazarini de Barros e Giovanna Lazarini Martins, que sempre acreditaram em mim.

Ao meu marido, Plínio Henrique Oliveira Gomide, pelo carinho, respeito e paciência.

Ao meu orientador Dr. Gabriel José de Carvalho, pelos ensinamentos, idéias, orientação e amizade.

Ao Departamento de Agricultura, pelo fornecimento de material e da área para a condução do experimento.

A todos os funcionários do Departamento de Agricultura, em especial ao Sirlei, pela implantação, condução e manutenção do experimento.

Aos professores Dr. Élderis Pereira Botrel, Dr. Luís Antônio Augusto Gomes, Dr. Messias José B. de Andrade, Dr. Renato Ribeiro de Lima e Dr. Renzo Garcia Von Pinho, pelas sugestões e orientações.

A minha amiga Fabiana, pela presença e cumplicidade.

A secretaria de pós-graduação do Departamento de Agricultura, em especial a Marli.

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

SUMÁRIO

Página

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 Proteção e conservação do solo	3
2.2 Mobilização e reciclagem de nutrientes por plantas de cobertura	5
2.3 Características das espécies de plantas de cobertura	7
2.3.1 Feijão de porco - <i>Canavalia ensiformes</i> (L.) DC.....	8
2.3.2 Mucuna-rajada – <i>Stizolobium deeringianum</i> (Setph e Bart).....	8
2.3.3 Mucuna-preta - <i>Stizolobium aterrimum</i> (Piper & Tracy Merr).....	9
2.3.4 Sorgo – <i>Sorghum bicolor</i> (L. Moench).....	9
2.4 Manejo das plantas de cobertura.....	10
2.5 Milho verde em sucessão as plantas de cobertura	11
3 MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1 Caracterização da área experimental	13
3.2 Primeira etapa	15
3.2.1 Delineamento, parcelas experimentais e tratamentos	15
3.2.2 Implantação e condução do experimento.....	15
3.2.3 Índice de cobertura.....	16
3.2.4 Produtividade de matéria fresca e seca	17
3.2.5 Teor e acúmulo de macro e micronutrientes da parte aérea das plantas de cobertura	17
3.3 Segunda etapa	18
3.3.1 Delineamento, parcelas experimentais e tratamentos.	18
3.3.2 Implantação e condução do experimento.....	18
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
4.1 Primeira etapa	20
4.1.1 Avaliação do índice de cobertura.....	20
4.1.2 Produtividade de matéria fresca e seca	22
4.1.3 Teor de macro e micronutrientes da parte aérea das plantas de cobertura.	26
4.1.4 Acúmulo de macro e micronutrientes da parte aérea das plantas de cobertura	30
4.1.5 Estudo das propriedades químicas do solo	34
4.2 Segunda etapa	40
4.2.1 Produtividade do milho verde.....	40
5 CONCLUSÕES	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

RESUMO

BARROS, Danieli Lazarini de. **Plantas de cobertura e seus efeitos no solo e na cultura do milho verde**. 2009. 50 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

O objetivo do trabalho foi estimar a produção de fitomassa fresca e seca de plantas de cobertura, em dois espaçamentos, e a extração de macro e micronutrientes, bem como o potencial destas espécies vegetais em proteger o solo contra erosão e fornecer nutrientes à cultura em sucessão. O estudo foi conduzido, em duas etapas, em campo experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras. A primeira etapa consistiu da semeadura das plantas de cobertura, usando o delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema fatorial (4 x 2), com 3 repetições. O primeiro fator constituído de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*), mucuna-rajada (*Stizolobium deeringianum*), mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum*) e sorgo (*Sorghum bicolor*), e o segundo pelos espaçamentos de 25 e 50 cm. Feijão-de-porco foi à espécie que apresentou maior cobertura do solo em menor tempo no espaçamento de 25 cm e as leguminosas proporcionaram maior produtividade de fitomassa e acúmulo de nutrientes no espaçamento de 50 cm. A segunda etapa foi implantada sob a cobertura vegetal remanescente do cultivo anterior obtida na primeira etapa, com a inclusão do esquema fatorial com tratamento adicional, que foi a parcela com vegetação espontânea. Após o manejo das leguminosas e da gramínea foi semeado o milho para produção de milho verde, que quando cultivado nas parcelas com palhadas de leguminosas apresentou maior produtividade comparado com a palhada de sorgo.

Palavras-chave: índice de cobertura, fitomassa e sucessão.

* Orientador: Gabriel José de Carvalho – UFLA.

ABSTRACT

BARROS, Danieli Lazarini de. **Cover crops and their effects on soil and crop in green maize.** 2009. 50 p. Dissertation (Master in Crop Science) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

The objective was to estimate the productivity of fresh and dry biomass of cover crops, in two spaces, and the extraction of macro and micronutrients and the potential of these plant species to protect the soil against erosion and provide nutrients to the crop in succession. The study was conducted in two phases, in the Department of Agriculture at University of Lavras. The first phase consisted of the planting of cover crops, using the experimental design of randomized blocks in factorial scheme (4 x 2), with 3 replications. The first factor consists of *Canavalia ensiformes*, *Stizolobium deeringianum*, *Stizolobium aterrimum* and *Sorghum bicolor*, and the second by spacings of 25 and 50 cm. *Canavalia ensiformes* was the species that had higher soil cover in less time with spacing of 25 cm and the legumes provided greater productivity of biomass and accumulation of nutrients in the spacing of 50 cm. The second phase was implemented under the straw of the culture remaining from the previous first stage, with the inclusion of the factorial with additional treatment, which was the plot with spontaneous vegetation. After the management of leguminous and grass was sowed the maize for production of green maize. The straw of leguminous promoted greater productivity of green maize compared with the straw of sorghum.

Key Words: rate of coverage, biomass and succession

* Adviser: Gabriel José de Carvalho – UFLA.

1 INTRODUÇÃO

No sul de Minas Gerais, atualmente, vem se configurando um quadro preocupante, com grandes áreas em processo de degradação, diminuindo a capacidade produtiva dos solos. Áreas agrícolas anteriormente cultivadas com culturas, e que reduziram sua capacidade produtiva, são frequentemente utilizadas para pastagens e, geralmente, sem efetuar práticas de manejo para a conservação do solo.

Este fato gera um grave problema para o agricultor, especialmente nas pequenas propriedades, nas quais uma das maiores limitações é a baixa disponibilidade de área para o cultivo. Por esta razão, há a necessidade de se adotar sistemas mais conservacionistas, que possibilitem a manutenção da capacidade produtiva do solo ao longo do tempo, sem causar impactos negativos ao ambiente.

Neste contexto, o uso de plantas condicionadoras do solo vem sendo adotado nos sistemas agrícolas. Essa prática resulta numa melhor conservação do solo, reduzindo a erosão, propiciando efeitos positivos nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, além de economia de fertilizantes nitrogenados. Isso porque o uso de adubos verdes ou plantas de cobertura, principalmente de leguminosas, pode aumentar os níveis de nitrogênio no solo, substituindo, parcial ou totalmente, a adubação nitrogenada da cultura em sucessão.

Portanto, para que ocorra a expansão do uso dessas plantas de cobertura, tanto no sistema de semeadura direta como no sistema convencional de cultivo, há a necessidade de novas pesquisas que indiquem a sua correta utilização, de acordo com as características de cada espécie, as diferentes formas de manejo e as condições edafoclimáticas de cada região.

Diante disso, objetivou-se, com a realização deste estudo, estimar a produtividade de fitomassa fresca e seca de diferentes espécies de cobertura do solo em dois espaçamentos, e o acúmulo na parte aérea de macro e micronutrientes, bem como o potencial destas espécies vegetais em proteger o solo contra erosão e fornecer nutrientes à cultura do milho verde.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Proteção e conservação do solo

A prática de proteger o solo com plantas de cobertura ou adubos verdes é considerada, isoladamente, como aquela de maior importância no controle da erosão hídrica (Amado et al., 1989). Ela é vantajosa não somente durante o verão como também na entressafra, quando, via de regra, as áreas agricultáveis são abandonadas e, naquelas regiões sujeitas às chuvas nessa época, a cobertura minimiza os efeitos da erosão.

Bertoni & Lombardi Neto (2005) citam que a cobertura morta de resíduos vegetais protege o solo contra o impacto das gotas de chuva, diminui o escoamento da enxurrada e atenua a temperatura do solo, reduzindo, assim, as perdas por evapotranspiração e, conseqüentemente, contribui para a conservação da água.

A percentagem de cobertura vegetal pode ser definida como a relação entre a área de solo coberta pela vegetação e a área total disponível. Além disso, a velocidade com que uma determinada espécie recobre o solo tem grande influência no processo erosivo, pois, no período inicial de crescimento das culturas, o solo se encontra desprotegido e, portanto, mais susceptível à erosão (Bertoni & Lombardi Neto, 2005).

Oliveira (1984), Pitol (1986) e Amado et al. (1987) apresentaram resultados contrastantes com relação às potencialidades de adubos verdes frente à conservação dos solos, o que parece indicar um comportamento diferente, entre espécies, conforme condições edafoclimáticas nas quais são feitas as observações. É de se esperar que uma mesma espécie não repita a mesma atuação em dois locais com condições climáticas diferentes. Neste contexto, Amado et al. (1987), estudando a percentagem de cobertura do solo por

leguminosas, destacaram a mucuna-cinza que, aos 38 dias após a semeadura, já recobria 50% do solo, seguida de feijão-de-porco e da crotalária.

Por outro lado, Costa (1992) classificou o feijão-de-porco como planta de crescimento inicial lento para condições do sul do país, ao contrário de Alvarenga (1993) que cita o feijão-de-porco como precoce para a região de Viçosa, em Minas Gerais. O autor destacou o feijão-de-porco como a espécie de mais rápido estabelecimento, apresentando também cobertura do solo superior a mucuna-preta, ou seja, aos dez dias, já cobria 35% do solo, atingindo a cobertura total aos 50 dias após a emergência, o que, do ponto de vista do controle da erosão, é bastante expressivo.

Favero et al. (2001), também encontraram diferenças significativas quando avaliaram cobertura do solo por adubos verdes em duas épocas, aos 28 e 56 dias após a sua emergência, observando que, na segunda época, a pressão de competição se pronunciou, principalmente para a mucuna-preta, que foi uma das espécies que recobriram maior porcentagem do solo (99,75%).

Segundo Sodré Filho et al. (2004), na avaliação realizada aos 30 dias após a semeadura das culturas de sucessão, a mucuna (*Mucuna cochinchinensis*) foi a espécie que proporcionou maior cobertura do solo, diferenciando-se significativamente do guandu e girassol. Os autores sugerem que isso pode ter ocorrido por causa do hábito de crescimento prostrado da mucuna, o que permitiu que suas folhas e ramos se espalhassem pelo solo, proporcionando maior cobertura.

No entanto, Kolling et al. (2007), em trabalho desenvolvido em Chapecó, SC, observaram que a mucuna-rajada tem a característica de um crescimento inicial lento até os 35 dias após a semeadura, mas que, após este período, desenvolveu-se rapidamente, chegando a 100% de cobertura aos 78 dias após a semeadura (DAS).

2.2 Mobilização e reciclagem de nutrientes por plantas de cobertura

As plantas de cobertura possuem propriedades de reciclarem nutrientes, por meio dos processos de mobilização das camadas mais inferiores, solubilização e redução nas perdas por lixiviação (Monegat, 1991).

Miyasaka et al. (1984) verificaram que as plantas de cobertura têm a capacidade de extrair elementos menos solúveis e de mobilizar nutrientes de camadas de solo mais profundos, em função do alto crescimento do sistema radicular. Por sua vez, Franco & Souto (1984) enfatizam que as leguminosas com sistema radicular profundo aumentam a eficiência de utilização dos adubos, uma vez que trazem às camadas superficiais do solo alguns nutrientes que seriam perdidos por lixiviação, principalmente K, Ca, Mg e NO_3^- .

Monegat (1991) cita que as plantas utilizadas como cobertura podem reduzir, na fase de desenvolvimento vegetativo, a lixiviação do nitrato, por meio de sua absorção e pela extração da água do solo, tornando-o menos disponível à percolação.

De acordo com Heinzmann (1985), a composição química dos resíduos vegetais exerce influência marcante na decomposição dos mesmos. A relação carbono nitrogênio (C/N), bem como o teor de lignina, interage nos processos de decomposição, mineralização e disponibilidade de N para as culturas em sucessão. O autor cita, ainda, que essa relação é influenciada pelo tipo de material e a idade da planta.

Outro aspecto a ser observado é a quantidade de nutrientes incorporada ao solo, a qual é proporcional à quantidade de biomassa total produzida e incorporada e depende da composição química do adubo verde.

Carvalho & Amabile (2006) afirmam que entre espécies ocorre uma grande variação nesta composição, sendo previsíveis, também, variações dentro de uma mesma espécie, conforme as condições edafoclimáticas, o estágio de crescimento e o nível de manejo adotado.

Neste contexto, De-Polli & Chadda (1989) observaram que o feijão-de-porco foi o adubo verde que mais forneceu N para a cultura do milho ($107,5 \text{ kg.ha}^{-1}$), seguido pela mucuna-preta (86 kg.ha^{-1}).

Carsky (1989) citado por Carvalho & Amabile (2006), desenvolvendo trabalho em áreas de Cerrado no Distrito Federal, observou que o nitrogênio total absorvido pelo feijão-de-porco, quando cultivado no período chuvoso, foi de 231 kg.ha^{-1} . O autor esclarece, ainda, que 181 kg.ha^{-1} , representando 79% do total, foram resultantes da fixação biológica.

Burle et al. (1992) citado por Carvalho & Amabile (2006), também em área de cerrado do Distrito Federal, observaram que a mucuna-preta, quando semeada no final do período de chuva, acumulou, em sua parte aérea, entre 62 e 130 kg.ha^{-1} de N, em anos agrícolas distintos. Segundo os autores possivelmente, a maior parte deste N foi proveniente de camadas inferiores do solo, pois essa espécie apresenta enraizamento bastante profundo.

Em estudos conduzidos em áreas de cerrado próximas a Goiânia, GO, Amabile et al. (1997) e Amabile et al. (1999), mostraram absorções de nutrientes pela mucuna-preta, quando cultivada na época da chuva, que variaram entre 89 e 233 kg.ha^{-1} de N, 18 e 60 kg.ha^{-1} de P; 40 e 94 kg.ha^{-1} de K. Os teores da Ca e Mg absorvidos foram de 70 e 16 kg.ha^{-1} , respectivamente.

No entanto, Duarte Júnior & Coelho (2008), em Campos dos Goytacazes (RJ), avaliando diferentes adubos verdes e seus efeitos no rendimento da cana-de-açúcar, em sistema de plantio direto (SPD), não encontraram diferença significativa para os teores de N ($22,85 \text{ g.kg}^{-1}$), K ($9,9 \text{ g.kg}^{-1}$), Mg ($2,8 \text{ g.kg}^{-1}$) e S ($4,1 \text{ g.kg}^{-1}$) entre o feijão-de-porco e mucuna-preta semeadas em dezembro. Porém, esses mesmos autores encontraram diferença entre feijão-de-porco e mucuna-preta nos teores de P e Ca, tendo o feijão-de-porco sido a espécie que apresentou maior teor desses elementos ($6,2 \text{ g.kg}^{-1}$ e $15,4 \text{ g.kg}^{-1}$).

2.3 Características das espécies de plantas de cobertura

A escolha de espécies vegetais para serem utilizadas como plantas de cobertura depende da adaptação destas às condições de clima de cada região e do interesse do produtor. Segundo Chaves & Calegari (2001), as espécies escolhidas devem crescer bem em condições de baixa a média fertilidade do solo e devem ter capacidade de adaptação a baixos valores de pH do solo.

Amado et al. (2002) acrescentam que a produtividade de fitomassa das espécies utilizadas como cobertura é decorrente das condições climáticas, edáficas e fitossanitárias e, principalmente, do seu sistema radicular. Para o autor, quanto mais o sistema radicular penetrar no solo, tanto maior será a produtividade de biomassa, além de promover a descompactação do solo.

Carvalho & Sodré Filho (2000) sugerem que, na região do Cerrado, as espécies utilizadas como cobertura do solo devem apresentar rusticidade, crescimento inicial rápido e alta produtividade de biomassa na época da seca. No entanto, Amabile et al. (2000) citam que uma das principais limitações ao uso de plantas de cobertura nos cerrados é a época de semeadura, que pode coincidir com a semeadura da cultura principal.

Neste contexto, segundo Argenta et al. (2001), as espécies leguminosas são pouco utilizadas como cobertura durante o inverno, por limitações como crescimento inicial lento, maior custo de aquisição de sementes em relação a outras espécies e a alta taxa de decomposição de seus resíduos.

2.3.1 Feijão-de-porco - *Canavalia ensiformes* (L.) DC.

Monegat (1991) e Calegari et al. (1993b) descreveram-na como uma planta de crescimento ereto e hábito determinado (0,6 a 1,2 m de altura). É uma leguminosa muito rústica, anual ou bianual de crescimento inicial lento, tolerante à alta temperatura e à seca, podendo tolerar o sombreamento parcial. É de clima tropical e subtropical, não suportando geadas. Adapta-se praticamente a todos os tipos de solo, inclusive aqueles pobres em fósforo.

Entre as vantagens do feijão-de-porco, segundo os autores acima citados, está sua grande rusticidade, pois apresenta tolerância à seca e adaptação a diferentes ambientes edáficos, podendo ser uma planta indicada como cobertura em solos arenosos de regiões mais áridas do Cerrado.

Carvalho & Amabile (2006) acrescentam que o feijão-de-porco tem crescimento acelerado e as amplas folhas cotiledonares que favorecem a rápida cobertura do solo e o eficiente controle de invasoras. Os autores citam como desvantagem o grande tamanho das sementes, resultando em um gasto elevado no seu estabelecimento em torno de 110 a 150 kg.ha⁻¹.

Costa (1992) cita que o feijão-de-porco produz cerca de 20 a 40 t.ha⁻¹ de fitomassa fresca, 3 a 6 t.ha⁻¹ de fitomassa seca e capacidade de fixação de N em torno de 80 a 160 kg.ha⁻¹. Possui ciclo de florescimento de 90 a 100 dias.

2.3.2 Mucuna-rajada – *Stizolobium deeringianum* (Setph e Bart)

É uma planta anual, de crescimento indeterminado, tolerante à seca e de razoável rusticidade. Apresenta ciclo mais curto e menor produtividade de fitomassa em relação às demais espécies de mucuna (Carvalho et al., 1999).

A mucuna-rajada possui sementes semelhantes às da mucuna-anã e floresce entre 100 e 130 dias.

As mucunas são, em geral, sensíveis a baixas temperaturas, necessitando de climas quentes, de invernos suaves, sem ocorrência de geadas (Paula Júnior

& Venzon 2007).

2.3.3 Mucuna-preta - *Stizolobium aterrimum* (Piper & Tracy)

A mucuna-preta é a mais difundida em área de Cerrado, possivelmente pela maior disponibilidade de sementes e uso mais comum nas demais regiões do Brasil.

Leguminosa de ciclo anual superior a 150 dias, robusta, agressiva, hábito de crescimento indeterminado, com ramos trepadores (Amabile et al., 1997).

Segundo Calegari et al. (1993b), a mucuna-preta desenvolve-se bem em condições de deficiência hídrica, não possui reação fotoperiódica, suporta temperaturas elevadas, podendo ser cultivada do início até o final do período de chuva em áreas de Cerrado.

Um aspecto muito importante a ser considerado em relação à mucuna-preta é a sua alta capacidade de reciclar fósforo, aumentando a disponibilidade desse nutriente nos solos de Cerrado (Lemare et al., 1987).

2.3.4 Sorgo – *Sorghum bicolor* (L. Moench)

O sorgo originou-se, provavelmente, na África e chegou ao Brasil trazido pelos escravos, possivelmente pelo nordeste, no período de intenso tráfico de escravos que vieram para trabalhar na atividade açucareira, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA (2002) citado por Almeida (2004). É uma planta C4, de dias curtos e com alta taxa fotossintética, de crescimento vegetativo elevado, com boa produtividade de massa verde, em torno de 30 a 40 t.ha⁻¹, Alcântara & Bufarah (1998). Sua palhada decompõe-se lentamente, permanecendo mais tempo sobre o solo, fator que favorece o sistema de plantio direto.

A grande maioria dos materiais genéticos de sorgo requer temperaturas

superiores a 21°C para um bom crescimento e desenvolvimento. Essa gramínea é considerada uma planta rústica, pois tem boa tolerância ao déficit hídrico, assim como resistência a desidratação, desenvolvendo-se bem em regiões de baixa pluviosidade. Por ser pouco exigente quanto à fertilidade dos solos, pode ser cultivada numa ampla faixa de condições do solo, EMBRAPA (2002) citado por Almeida (2004).

2.4 Manejo das plantas de cobertura

O manejo da fitomassa produzida pelas plantas de cobertura pode se dar pela sua incorporação ao solo, ou deixando-a na superfície como cobertura morta, dependendo do objetivo pelo qual elas sejam cultivadas.

Na cobertura morta, segundo Calegari et al. (1993a), os resíduos decompõem-se mais lentamente do que quando incorporadas ao solo. Este tempo de decomposição depende das condições climáticas, edáficas e da relação C e N (C/N) do material.

No sistema de manejo, no qual os resíduos são deixados na superfície, os nutrientes são mineralizados e colocados à disposição das plantas gradativamente. Todavia, segundo esses autores, este manejo é recomendável quando se pretende controlar a erosão, diminuir a evaporação e outros benefícios já preconizados, principalmente no sistema de semeadura direta.

Segundo Carvalho & Amabile (2006), a incorporação das plantas condicionadoras no solo promove a ciclagem mais rápida de nutrientes, favorecendo seu uso pela cultura em sequência, principalmente daqueles elementos com potencial de lixiviação, como o nitrogênio e os cátions trocáveis ou dos que podem ser retidos com relativa facilidade, como o fósforo em solos intemperizados com elevada capacidade de sorção. No entanto, essa utilização eficiente dos nutrientes liberados no processo de decomposição depende do sistema de cultivo (rotação, sucessão ou consórcio) e da sincronia entre a cultura

principal e os adubos verdes.

2.5 Milho verde em sucessão as plantas de cobertura

A comercialização do milho verde “in natura” é cada vez mais comum. O volume comercializado em Minas Gerais cresceu cerca de 14%, no período de 1999 a 2004 (Sistema de Informações do Agribusiness de Minas Gerais, AGRIDATA, 2005). Por se tratar de produto de boa aceitação e alto valor agregado, o milho verde costuma atingir melhores preços de mercado que o milho grão, tornando-se uma alternativa viável, principalmente para pequenos produtores. Isso porque, além de possibilitar maior retorno de capital por área plantada, permite a liberação mais cedo da área para outros cultivos (Albuquerque, 2005).

Para a obtenção de boa produtividade de milho é recomendada a utilização de fertilizantes, principalmente os nitrogenados. Dentro das alternativas econômicas e ambientais para suprimento de nutrientes, a adubação verde é uma técnica promissora, principalmente com espécies leguminosas que promovem a fixação de N atmosférico, tornando-o disponível as plantas, além de mobilizarem outros nutrientes do solo disponibilizando-os as culturas subsequentes.

Segundo De-Polli & Chadda (1989) e Ceretta et al. (1994), o cultivo de adubos verdes antes do milho pode substituir a adubação nitrogenada entre 80 e 130 kg N ha⁻¹. No entanto, Peterson & Varvel (1989) verificaram que a rotação com leguminosas associada à fertilização mineral com 90 kg.ha⁻¹ de N proporcionou máximo rendimento para a cultura do milho, superando o efeito do uso exclusivo de leguminosas ou de fertilizante mineral.

Scivittaro et al. (2003) acrescentam que uma fração significativa do N proveniente de adubos verdes e minerais não é aproveitada pelas plantas

imediatamente, podendo permanecer no solo e ser utilizada por cultivos posteriores ou, ainda, ser perdida no sistema solo-planta.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O município de Lavras localiza-se na região sul de Minas Gerais. Situa-se a 21°14' de latitude Sul e 45°00' de longitude Oeste de Greenwich, a uma altitude de 910 m. Segundo classificação de Koppen, o clima enquadra-se no tipo Cwa, temperado úmido, com verão quente e inverno seco, caracterizado por temperatura média anual variando 15,8°C, no mês frio, a 22,1°C, no mês mais quente. A precipitação média anual é de 1.529,7 mm e a umidade relativa do ar, de 76,2% (Brasil, 1992).

As variações climáticas ocorridas no período de condução do experimento são apresentadas na Figura 1.

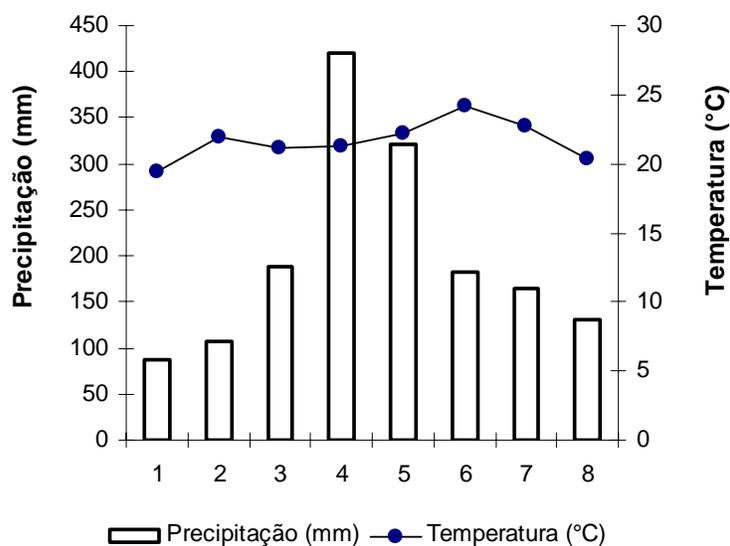


FIGURA 1 Dados médios de temperatura e precipitação pluvial mensal, em Lavras, MG, de 01/09/2008 a 30/04/2009. Dados obtidos no Setor de Bioclimatologia, do Departamento de Engenharia da UFLA

O trabalho foi conduzido no campo experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, em duas etapas. A primeira foi no período de setembro de 2008 a janeiro de 2009 e a segunda, de janeiro a abril de 2009.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico típico de textura média (EMBRAPA, 2000). As análises químicas e granulométricas anteriores a instalação do experimento encontram-se na Tabela 1.

TABELA 1 Resultados da análise química do solo na camada de 0-20 cm, antes da implantação do experimento. UFLA, Lavras, MG, 2008⁽¹⁾

pH água	Al	H+Al	SB	t	T	V	m	MO	P rem
	.....cmol_c.dm⁻³.....					.....%.....		g.kg⁻¹	mg.L⁻¹
AcM	0,5	4,0	1,9	2,4	5,9	31,7	21	18	23,7
		M	Ba	M	M	Ba	Ba	Ba	
P	K	Ca	Mg	S	Cu	Zn	Fe	Mn	B
..... mg.dm⁻³	cmol_c.dm⁻³			.....mg.dm⁻³					
2,0	62	1,3	0,4	39,2	0,9	0,9	167,8	28,9	0,2
Mba	M	M	Mba						

⁽¹⁾ Análises realizadas nos laboratórios do Departamento de Ciência do Solo da UFLA. AcM = acidez média, Mba = muito baixo, Ba = baixo, M = médio, B = bom, Mb = muito bom, SB = soma de bases, t = CTC efetiva, T = CTC a pH 7,0, V = saturação por bases, m = saturação por alumínio.

3.2 Primeira etapa

A primeira etapa constituiu-se da semeadura das plantas de cobertura. A escolha das espécies foi feita com base em resultados obtidos em Lavras, MG, para a época de semeadura em questão.

3.2.1 Delineamento, parcelas experimentais e tratamentos

O delineamento experimental utilizado nesta etapa foi o de blocos casualizados, com três repetições em esquema fatorial (4 x 2). O primeiro fator foi constituído pelas espécies de leguminosas, feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*), mucuna-rajada (*Stizolobium deeringianum*), mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum*) e uma gramínea, sorgo (*Sorghum bicolor*), e o segundo pelos espaçamentos de 25 e 50 cm, perfazendo um total de 8 tratamentos e 24 parcelas.

As parcelas nas quais se utilizou o espaçamento de 50 cm foram constituídas de 8 linhas e, naquelas em que o espaçamento foi de 25 cm, 16 linhas. O comprimento das parcelas em ambos os espaçamentos foi de 5 metros e a largura de 4 m, perfazendo um total de 20 m². Como área útil consideraram-se 3 m de comprimento e 8 linhas nas parcelas com espaçamento de 25 cm e 4 nas parcelas com espaçamento de 50 cm, perfazendo uma área útil de 6 m².

3.2.2 Implantação e condução do experimento

Na implantação do experimento procedeu-se o preparo convencional da área com uma aração e uma gradagem leve e, em seguida o sulcamento nos espaçamentos determinados. Segundo a análise química do solo (Tabela 1) observou-se a necessidade de calagem, a qual foi calculada pelo método de saturação por bases (Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, CFSEMG, 1999), elevando o valor desta para 60%.

Aplicou-se calcário dolomítico com PRNT de 100%, na quantidade de aproximadamente 2 t.ha⁻¹.

A semeadura foi feita manualmente, em setembro de 2008, na densidade de 8 sementes por metro linear para feijão-de-porco, mucuna-preta, mucuna-rajada e de 26 para o sorgo. Não foi realizada nenhuma adubação de plantio.

Os tratos culturais realizados durante o desenvolvimento dos adubos verdes foram constituídos de controle de formiga saúva (*Atta spp.*), utilizando-se formicida na forma de iscas granuladas e realizadas duas capinas manuais, aos 35 e 60 dias após a semeadura.

3.2.3 Índice de cobertura

Determinou-se a porcentagem de cobertura vegetal do solo aos 17, 27 e 39 dias após a semeadura das plantas, utilizando a metodologia descrita por Stocking (1988). As leituras foram observadas de forma aleatória e transversalmente às linhas das culturas, com quatro repetições.

O equipamento utilizado para obter os dados foi uma barra de alumínio contendo 19 orifícios, nos quais foram realizadas as visualizações da área vegetada ou não com as culturas.

A cada leitura foram atribuídas notas de 0 a 1, em que “0” é a nota para solo desnudo ou com resto de vegetação; “0,5”, para leitura parcialmente coberta pela cultura e “1”, caso seja vista a cultura. Para avaliação da cobertura vegetal foi utilizada a seguinte equação:

$$CV (\%) = \frac{\text{número de visões de vegetação}}{\text{total de todas as visões}} \times 100$$

3.2.4 Produtividade de matéria fresca e seca

Todas as plantas da área útil da parcela foram cortadas rente ao solo e pesadas 100 dias após o plantio, devolvendo-as posteriormente ao solo. Os pesos foram expressos em $t.ha^{-1}$.

Para a determinação da produtividade de fitomassa seca foi obtido o teor de matéria seca, retirando-se uma amostra de, aproximadamente, 500 g de cada parcela, as quais foram secas em estufas de circulação forçada a $65^{\circ}C$, até estabilização do peso (Oliveira, 2001). Posteriormente, o teor obtido foi multiplicado pela produtividade de fitomassa fresca, para a obtenção da produtividade de matéria seca em $t. ha^{-1}$.

3.2.5 Teor e acúmulo de macro e micronutrientes da parte aérea das plantas de cobertura

As amostras retiradas para avaliação do teor de matéria seca, após a secagem em estufa, foram moídas em moinho tipo Willey e enviadas ao Laboratório de Análise Foliar do Departamento de Química da UFLA, para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Mn, Zn e Fe da parte aérea das plantas de cobertura. As análises foram realizadas de acordo com Malavolta et al. (1997).

O acúmulo de macro e micronutrientes foi obtido pelo produto da quantidade de matéria seca pelo teor dos nutrientes da parte aérea das plantas de cobertura. Os valores foram transformados para $kg.ha^{-1}$ (macronutrientes) ou $g.ha^{-1}$ (micronutrientes).

Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de média Scott-Knott, a 5% de probabilidade, pelo programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2000).

3.3 Segunda etapa

Em janeiro de 2009, realizou-se o corte das plantas de cobertura. Quatro dias após o corte das plantas de cobertura, amostras de solos da camada de 0-20 cm foram retiradas, de cada parcela, para análises químicas. Em seguida sulcou-se a área manualmente, no espaçamento de 0,90 m, dando início à segunda etapa do experimento.

Realizou-se a adubação fosfatada e a semeadura do milho verde (híbrido BM 3061). A adubação fosfatada foi de 45 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, utilizando como fonte o superfosfato simples e a densidade de plantio foi de 8 sementes por metro linear.

3.3.1 Delineamento, parcelas experimentais e tratamentos

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial com tratamento adicional, em três repetições. O primeiro fator corresponde às palhadas das espécies de adubos verdes (feijão-de-porco, mucuna-rajada, mucuna-preta e sorgo) e o segundo pelos espaçamentos (25 e 50 cm). O tratamento adicional consistiu de uma área com vegetação espontânea.

As parcelas foram constituídas por 5 linhas de milho verde com 5m de comprimento, espaçadas de 0,90 m. A área útil de cada parcela totalizou 13,5 m², com três linhas de 5m de comprimento e 2,7 m de largura.

3.3.2 Implantação e condução do experimento

Quando as plantas apresentavam três a quatro folhas totalmente expandidas, realizou-se o desbaste, deixando-se quatro plantas por metro, o que corresponde a 50.000 plantas.ha⁻¹. Quando necessário, realizaram-se capinas manuais com enxada, deixando as parcelas totalmente livre de plantas invasoras.

A adubação de cobertura foi realizada com 400 kg.ha⁻¹ de sulfato de

amônio, quando as plantas apresentavam de cinco a seis folhas totalmente expandidas.

A altura das plantas foi avaliada aos 81 dias após a semeadura, em seis plantas representativas da área útil de cada parcela, pela distância, em metros, do nível do solo até a inserção da folha bandeira. As colheitas das espigas foram realizadas aos 86, 92 e 101 dias após a semeadura, nas três linhas centrais de cada parcela.

O período de colheita no ponto de milho verde foi determinado pelo número de dias decorridos, em que 50% das espigas das duas fileiras externas na parcela, consideradas como bordadura, permaneciam com os grãos com 70% a 80% de teor de água, ou seja, período compreendido entre o início do estágio leitoso e início do estágio pastoso dos grãos (EMBRAPA, 2003).

A produtividade das espigas empalhadas foi obtida por meio da soma do peso total das espigas com palha na área útil de cada parcela, em todas as colheitas. Os dados foram transformados para $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

A produtividade de espigas comerciais foi calculada pela soma da pesagem das espigas despalhadas maiores que 15 cm e com diâmetro da base da espiga superior a 3 cm e isentas de pragas e doenças, em todas as colheitas.

A porcentagem de espigas comerciais foi obtida pela relação entre o peso total das espigas comerciais despalhadas e o peso total de espigas despalhadas de cada parcela multiplicado por cem (Albuquerque, 2005).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Primeira etapa

4.1.1 Avaliação do índice de cobertura

O resumo da análise de variância para o índice de cobertura do solo é apresentado na Tabela 2. Observando-se os dados desta Tabela, verifica-se que houve interação significativa entre os fatores estudados ($p < 0,05$), assim como para os adubos verdes em todas as épocas avaliadas e para espaçamento apenas na avaliação aos 17 DAS.

TABELA 2 Resumo das análises de variância dos dados referentes ao índice de cobertura (IC %) dos adubos verdes (AV) aos 17, 27 e 39 dias após a semeadura (DAS), em dois espaçamentos (ES)

Fonte de variação	GL	QM (quadrados médios)		
		IC %		
		17	27	39
Adubos verdes	3	1024,67*	494,14*	422,13*
Espaçamento	1	1763,70*	200,85	168,38
Adubos verdes*espaçamento	3	118,43*	279,27*	249,90*
Blocos	2	13,77	31,56	15,45
Erro	14	15,47	65,36	48,94
Fonte de variação	GL	12,31	12,63	9,21

*significativo, pelo teste F, a 5%

Observando-se os dados da Tabela 3, verifica-se que feijão-de-porco e a mucuna-rajada foram as espécies que apresentaram maior porcentagem de recobrimento aos 17 DAS, no espaçamento de 25 cm, o que, do ponto de vista

no controle da erosão, é bastante significativo. No caso da mucuna, isso pode ser atribuído ao seu crescimento rápido e prostrado, o que permitiu que suas folhas e ramos se espalhassem pelo solo, proporcionando maior cobertura (Favero et al., 2001).

No espaçamento de 50 cm, embora com índice de cobertura inferior ao apresentado no espaçamento de 25 cm, o feijão-de-porco se destacou entre as demais espécies. Segundo Carvalho & Amabile (2006), esta espécie possui crescimento acelerado e amplas folhas cotiledonares, o que favorece a rápida cobertura do solo. Aos 27 e 39 DAS, as leguminosas não diferiram entre si, no espaçamento de 25 cm, no entanto, no espaçamento de 50 cm, a mucuna-rajada foi a que melhor cobriu o solo.

TABELA 3 Cobertura do solo pelo feijão-de-porco (FP), mucuna-rajada (MR), mucuna-preta (MP) e sorgo (SG), aos 17, 27 e 39 dias após a sua semeadura (DAS), em dois espaçamentos (25 e 50 cm), em Lavras, MG¹

AV	17 DAS		27 DAS		39 DAS	
%.....					
	25	50	25	50	25	50
FP	53,07 Aa	36,25 Ab	69,40 Aa	47,12 Cb	81,28 Aa	60,52 Cb
MR	52,92 Aa	24,41 Bb	69,03 Aa	78,79 Aa	80,26 Aa	90,13 Aa
MP	38,15 Ba	21,71 Bb	74,33 Aa	64,30 Ba	85,23 Aa	76,16 Ba
SG	17,98 Ca	11,18 Ca	54,93 Ba	54,34 Ca	67,76 Ba	66,52 Ca
CV%	12,31		12,63		9,21	

¹ Valores seguidos das mesmas letras, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

O feijão-de-porco no espaçamento de 25 cm, aos 17, 27 e 39 DAS, apresentou maior cobertura do solo em relação ao de 50 cm. Esse fato pode estar associado ao hábito de crescimento determinado, ereto. No caso dessa espécie com essas características, diminuir a distância entre as linhas permite adensar as

plantas e, conseqüentemente, obter maior porcentagem de cobertura do solo.

No entanto, a mucuna-preta e a rajada apresentaram a mesma cobertura do solo quando cultivadas nos espaçamentos de 25 e 50 cm, aos 27 e 39 DAS. Este fato é importante, pois possibilita a economia de 50% da quantidade de sementes.

Por outro lado, o sorgo, na maioria das situações, apresentou o menor índice de cobertura, o que pode ser explicado por suas características morfológicas, apresentando crescimento inicial lento e menor índice de área foliar do que as espécies de leguminosas do presente estudo.

4.1.2 Produtividade de matéria fresca e seca

O resumo da análise de variância para produtividade de fitomassa fresca e seca é apresentado na Tabela 4. Observando-se os dados, verifica-se que houve efeitos significativos para adubos verdes, espaçamento e interação na variável matéria fresca, enquanto que para matéria seca houve significância apenas para os adubos verdes e os espaçamentos.

TABELA 4 Resumo das análises de variância dos dados referentes à produtividade de matéria fresca e seca dos adubos verdes, em dois espaçamentos

Fonte de variação	GL	QM (quadrados médios)	
		MF	MS
		..... t.ha ⁻¹	
Adbos verdes	3	383,68*	25,72*
Espaçamentos	1	111,37*	19,16*
Adbos verdes*Espaçamento	3	76,27*	1,91
Blocos	2	160,98*	5,35
Erro	14	15,47	2,72
CV(%)		17,51	26,77

*significativo, pelo teste F, a 5%

Pelos dados da Tabela 5, observa-se que, no espaçamento de 25 cm, a mucuna-preta apresentou a maior produtividade de matéria fresca, enquanto que para o espaçamento de 50 cm, a mucuna-preta, a mucuna-rajada e o sorgo não diferiram, apresentando maiores produtividades do que o feijão-de-porco.

A produtividade de matéria fresca da mucuna-preta ficou dentro dos limites de 10 a 40 t.ha⁻¹, proposto por Calegari (1995), tanto no espaçamento de 25 quanto no de 50 cm, mas foi inferior aos resultados encontrados por Fontanétti et al. (2004) (42,43 t.ha⁻¹).

Quanto ao feijão-de-porco, a produtividade de matéria fresca observada foi menor que o valor obtido por Fontanétti et al. (2004) (35,86 t.ha⁻¹), além de não se inserir nos limites de produtividade de 14 a 30 t MF.ha⁻¹, estabelecidos por Calegari (1995), para esta espécie.

A baixa produtividade de matéria fresca encontrada para o feijão-de-porco no presente estudo, provavelmente, pode ter decorrido do ataque de vaquinha a partir dos 20 DAS, afetando seu desenvolvimento.

TABELA 5 Produtividade de matéria fresca das plantas de cobertura, em dois espaçamentos, em Lavras, MG¹

Adubos verdes	Matéria fresca (t.ha ⁻¹)	
	25	50
	.....cm.....	
Feijão-de-porco	13,14 Ba	12,50 Ba
Mucuna-rajada	15,06 Bb	25,00 Aa
Mucuna-preta	33,14 Aa	30,18 Aa
Sorgo	19,90 Bb	30,80 Aa
CV %	17,51	

¹ Valores seguidos das mesmas letras, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Quanto à fitomassa seca, a mucuna-preta e o sorgo obtiveram maior produtividade (Tabela 6), independente do espaçamento.

TABELA 6 Produtividade de fitomassa seca das plantas de cobertura, em Lavras, MG ¹

Adubos verdes	MS (t.ha ⁻¹)
Feijão-de-porco	3,69 b
Mucuna-rajada	5,48 b
Mucuna-preta	8,54 a
Sorgo	6,95 a
CV %	26,77

¹ Valores seguidos das mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Amabile et al. (1996) verificaram estabilidade de produção de fitomassa da mucuna-preta em três diferentes épocas de semeadura, em áreas de cerrado do estado de Goiás, e a produtividade de matéria seca foi de 4,8; 5,3 e 4,5 t.ha⁻¹, para a semeadura em novembro, janeiro e março, respectivamente. No ano agrícola seguinte, os autores obtiveram produtividade de 3,5 a 4,0 t.ha⁻¹, para semeaduras no início e no final do período de chuva.

Fontanétti et al. (2004) e Nascimento & Mattos (2007) verificaram acúmulo de matéria seca de mucuna-preta de 8,50 e 3,90 t ha⁻¹, o que é indicativo de que o desenvolvimento dessa espécie pode apresentar ampla variação, de acordo com as condições edafoclimáticas, locais e anos agrícolas.

A produtividade obtida neste estudo pelo sorgo foi menor do que os valores encontrados por Oliveira (2001) (15,48 t.ha⁻¹) e Meschede et al. (2007) (11,8 t.ha⁻¹).

A produtividade de fitomassa seca do feijão-de-porco (Tabela 6) pode ser considerada baixa na comparação com outros resultados, como os encontrados por Favero et al. (2000) e Carvalho & Sodré Filho (2000), que obtiveram produtividade entre 4,93 e 10,17 t.ha⁻¹, respectivamente, com semeadura na primavera. No entanto, está próxima das produtividades obtidas em Lavras por Santos & Carvalho (1999), de 3,5 t.ha⁻¹ e Oliveira (2001), de 3,43

t. ha⁻¹, com semeadura no outono.

Salienta-se que a baixa produtividade de matéria seca possivelmente pode ser explicada pelo fato de não terem sido realizadas adubações e inoculação de sementes, no caso de leguminosas.

Todavia, a média geral deste estudo foi de 6,16 t.ha⁻¹, superior aos 6,0 t.ha⁻¹, citados por Darolt (1998), como sendo a quantidade mínima ideal de adição de matéria seca em um sistema de rotação de culturas, para que se mantenha adequada à cobertura do solo.

Quanto à influência do espaçamento entre linhas de plantio na produtividade de matéria seca, pode-se verificar, pelos dados da Tabela 7, que quando se utilizou 50 cm, a produtividade foi maior. Esse resultado corrobora o de Calegari (1995), que recomenda o espaçamento de 50 cm entre linhas para mucuna-preta, feijão-de-porco e mucuna-rajada, para maior produtividade de fitomassa e cobertura do solo.

TABELA 7 Produtividade de fitomassa seca das plantas de cobertura em dois espaçamentos, em Lavras, MG¹

Espaçamentos (cm)	MS t.ha ⁻¹
25	5,27 b
50	7,06 a
CV%	26,77

¹ Valores seguidos das mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Miyasaka et al. (1984) e Calegari (1995) verificaram que a mucuna-preta apresenta razoável tolerância ao sombreamento, embora seja requerida insolação adequada para seu rápido crescimento. Segundo os autores, em função de seu hábito rasteiro e vigoroso, a competição por luz entre as plantas dessa espécie pode ser muito acentuada, à medida que o adensamento é aumentado.

Este fato foi confirmado por Fernandes et al. (1999), que verificaram, nas parcelas com as mucunas preta e rajada, um menor incremento de matéria seca da parte aérea em resposta ao adensamento populacional.

Carvalho & Amabile (2006) citam que a resposta à densidade de semeadura é consequência da inter e intracompetição de plantas por água e nutrientes, além daquela ocorrida acima do solo, principalmente por luz.

4.1.3 Teor de macro e micronutrientes da parte aérea das plantas de cobertura

Observando-se os dados das Tabelas 8 e 9, verifica-se que houve significância ($p < 0,05$) na interação dos adubos verdes com os espaçamentos nos teores de nitrogênio e manganês. Verifica-se também que houve diferença significativa entre os adubos verdes para todos os teores de macro e micronutrientes, com exceção do K. Para este elemento e para o Zn, houve significância nos diferentes espaçamentos.

TABELA 8 Resumo das análises de variância dos dados referentes ao teor de macronutrientes da parte aérea do feijão-de-porco (FP), sorgo (SG), mucuna-rajada (MR) e mucuna-preta (MP). Adubos verdes (AV), espaçamento (ES), blocos (BL) e interação adubos verdes espaçamento (AV*ES)

FV	GL	Macronutrientes (quadrados médios)					
		(dag.kg ⁻¹)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
AV	3	0,6975*	0,0053*	0,0701	1,0249*	0,003*	0,008*
ES	1	0,0108	0,0004	1,0837*	0,0376	0,000	0,000
AV*ES	3	0,7822*	0,0015	0,0141	0,0503	0,000	0,004
BL	2	0,1784	0,0007	0,1631	0,0797*	0,000	0,000
ERRO	14	0,2042	0,0006	0,1647	0,0201	0,000	0,002
CV(%)		15,54	28,01	22,94	16,70	21,20	22,44

*significativo, pelo teste F, a 5%

TABELA 9 Resumo das análises de variância dos dados referentes ao teor de micronutrientes da parte aérea do feijão-de-porco (FP), sorgo (SG), mucuna-rajada (MR) e mucuna-preta (MP). Adubos verdes (AV), espaçamento (ES), blocos (BL) e interação adubos verdes espaçamento (AV*ES)

FV	GL	Micronutrientes (quadrados médios)				
		.....(mg.kg ⁻¹).....				
AV	3	B	Cu	Mn	Zn	Fe
ES	1	612,47*	153,51*	6915,58*	300,24*	2087,38*
AV*ES	3	12,21	5,86	2526,01*	81,51*	224,60
BL	2	43,95	2,86	4450,45*	16,45	243,43
ERRO	14	39,57	1,67	309,10	5,56	208,33
		23,87	2,32	197,80	6,31	318,89
CV(%)		15,40	16,24	14,65	12,87	14,06

*significativo, pelo teste F, a 5%

Avaliando-se os dados da Tabela 10, observa-se que, no espaçamento de 25 cm, as plantas de cobertura não apresentaram diferença nos teores de nitrogênio, ao passo que, no espaçamento de 50 cm, as mucunas rajada e preta se destacaram.

TABELA 10 Teores de nitrogênio (N) e manganês (Mn) das plantas de cobertura em dois espaçamentos (25 e 50 cm), em Lavras, MG¹

Adubos verdes	N (dag.kg ⁻¹)		Mn (mg.kg ⁻¹)	
	25	50	25	50
Feijão-de-porco	3,14 Aa	2,62 Ba	39,95 Cb	100,30 Ba
Mucuna-rajada	3,34 Aa	3,03 Aa	86,00 Bb	160,43 Aa
Mucuna-preta	2,61 Ab	3,64 Aa	139,20 Aa	115,42 Ba
Sorgo	2,62 Aa	2,24 Ba	77,80 Ba	48,86 Cb
CV%	15,54		14,65	

¹ Valores seguidos das mesmas letras, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Com relação aos teores de Mn, observa-se que, no espaçamento de 25 cm, o maior valor foi apresentado pela mucuna-preta, seguida da mucuna-rajada

e sorgo, que não diferiram entre si. Duarte Júnior & Coelho (2008) relataram que a mucuna-preta foi a espécie que apresentou maior teor de Mn, 92,3 mg.kg⁻¹, valor menor do que o encontrado neste trabalho.

No espaçamento de 50 cm, o maior teor foi da mucuna-rajada, seguida do feijão-de-porco e mucuna-preta, que não diferiram. O menor teor foi apresentado pelo sorgo.

Neste estudo, os teores de N e Mn, tanto no espaçamento de 25 quanto no de 50 cm, para a mucuna-rajada, foram superiores aos encontrados por Menezes & Leandro (2004), 2,69 dag.kg⁻¹ para teor de N e 28,10 mg.kg⁻¹ para teor de Mn.

Observando-se os dados da Tabela 11, verifica-se que a mucuna-rajada apresentou maiores teores de P que as demais espécies. O feijão-de-porco apresentou o maior teor de Ca, corroborando o resultado obtido por Duarte Júnior & Coelho (2008).

Os teores de P e Ca para esta espécie estão dentro da faixa encontrada por vários autores, como Araújo & Almeida (1993), Alvarenga et al. (1995), Favero et al. (2000) e Oliveira (2001), que é de 0,07 a 0,24 dag.kg⁻¹ e de 1,01 a 2,96 dag.kg⁻¹, respectivamente.

TABELA 11 Teores de macro e micronutrientes do feijão-de-porco (FP), mucuna-rajada (MR), mucuna-preta (MP) e sorgo (SG), em Lavras, MG¹

AV	P	Ca	Mg	S	B	Cu	Zn	Fe
	.....(dag.kg ⁻¹).....				.....(mg.kg ⁻¹).....			
FP	0,08b	1,31a	0,05 b	0,21 a	41,01 a	4,71 b	10,78c	113,37b
MR	0,13a	0,87b	0,01 c	0,23 a	30,17 b	13,05a	25,73a	148,53a
MP	0,09b	0,90b	0,05 b	0,23 a	37,55 a	14,42a	24,78a	136,47a
SG	0,06b	0,30c	0,07 a	0,15 b	18,17 c	5,36 b	16,80b	109,54b
CV%	28,01	16,70	21,20	22,44	15,40	16,24	12,87	14,06

¹ Valores seguidos das mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

O maior teor de Mg foi encontrado para o sorgo, seguido por feijão-deporco e mucuna-preta, que não diferiram e foram superiores à mucuna-rajada.

Quanto ao S, as leguminosas apresentaram maiores teores que o sorgo e não diferiram entre elas. Duarte Júnior & Coelho (2008), comparando feijão-deporco, mucuna-preta, crotalária e vegetação espontânea, não encontraram diferença no teor de S entre as espécies de leguminosas. No entanto, estas foram superiores 139%, comparadas à vegetação espontânea, para este elemento.

Os teores de B encontrados no feijão-deporco e na mucuna-preta não diferiram entre si e foram maiores do que os da mucuna-rajada e sorgo.

A mucuna-preta e a rajada apresentaram maiores teores de Cu, Zn e Fe do que as demais espécies. Os valores observados para estes elementos foram inferiores aos encontrados por Duarte Júnior & Coelho (2008) (15,1; 28,4 e 187,0 mg.kg⁻¹), que avaliaram plantas de cobertura aos 92 dias após a emergência em Campos dos Goytacases, RJ.

Houve diferença entre os espaçamentos para o K e Zn, tendo, em ambos, o maior teor sido encontrado no espaçamento de 25 cm (Tabela 12).

TABELA 12 Teores de potássio (K) e zinco (Zn) em diferentes plantas de cobertura em dois espaçamentos, em Lavras, MG¹

Espaçamento (cm)	K	Zn
	dag.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹
25	1,98 a	21,37 a
50	1,55 b	17,68 b
CV%	22,94	12,87

¹ Valores seguidos das mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Pelo confronto entre os teores de nutrientes obtidos neste trabalho e aqueles obtidos por outros autores, verifica-se grande variabilidade dentro das espécies, o que se deve, em grande parte, às diferenças entre a fertilidade dos solos nos quais os trabalhos foram desenvolvidos, podendo-se inferir que a

eficiência da reciclagem de nutrientes das plantas de cobertura do solo depende muito da fertilidade pré-existente no mesmo (Teixeira et al., 2005).

4.1.4 Acúmulo de macro e micronutrientes da parte aérea das plantas de cobertura

Pelos dados apresentados nas Tabelas 13 e 14, observa-se que houve interação significativa entre os adubos verdes e espaçamento para o acúmulo de P e Mn. Para os demais nutrientes, houve efeito significativo entre os adubos verdes. Para espaçamento, houve efeito significativo para N, Ca, S, B e Fe.

TABELA 13 Resumo das análises de variância dos dados referentes ao acúmulo de macronutrientes da parte aérea do feijão-de-porco, mucuna-rajada, mucuna-preta e sorgo. Lavras, MG, 2009

FV	GL	Macronutrientes (quadrados médios) kg.ha ⁻¹					
		N	P	K	Ca	Mg	S
AV	3	29203,26*	33,00*	8851,61*	2911,61*	26,81*	171,70*
ES	1	16068,37*	32,66*	112,66	1600,66*	2,04	92,04*
AV*ES	3	5299,15	13,00*	442,33	506,11	4,04	38,81
Bloco	2	5895,29	2,16	3090,50*	49,87	0,29	19,54
Erro	14	2092,33	2,59	406,92	235,92	1,33	18,87
CV(%)		25,60	28,43	19,08	31,51	36,07	33,31

TABELA 14 Resumo das análises de variância dos dados referentes ao acúmulo de micronutrientes da parte aérea do feijão-de-porco, mucuna-rajada, mucuna-preta e sorgo. Lavras, MG, 2009

FV	GL	Micronutrientes (quadrados médios) g.ha ⁻¹				
		B	Cu	Mn	Zn	Fe
AV	3	48470,94*	12850,77*	758228,12*	29084,74*	56474078*
ES	1	20608,44*	696,79	311045,94*	616,94	246621,04*
AV*ES	3	2396,74	390,77	188135,19*	2153,90	48731,59
Bloco	2	2467,36	1082,75	24685,12	1590,19	143358,04*
Erro	14	3241,52	338,43	56039,06	1776,01	37604,09
CV(%)		30,02	29,93	38,00	33,50	24,73

*significativo, pelo teste F, a 5%

Analisando-se os dados da Tabela 15, verifica-se que, quando se cultivaram os adubos verdes no espaçamento de 25 cm, não houve diferença no acúmulo de P. Já no espaçamento de 50 cm, a mucuna-preta se destacou com o maior acúmulo, seguida de mucuna-rajada. O feijão-de-porco e o sorgo não diferiram entre si e apresentaram o menor acúmulo.

O acúmulo de P da mucuna-preta foi superior ao encontrado por Borket et al. (2003), (3,4 kg.ha⁻¹), no entanto, as espécies avaliadas no presente trabalho apresentaram, em média, 6,83 kg.ha⁻¹ de P, o que é considerado baixo para esse elemento.

TABELA 15 Acúmulo de fósforo (P) e manganês (Mn) da parte aérea de diferentes plantas de cobertura em dois espaçamentos, em Lavras, MG ¹

Adubos verdes	25	50	25	50
	cm			
	P (kg.ha ⁻¹)		Mn (g.ha ⁻¹)	
Feijão-de-porco	3,66 Aa	2,66 Ca	143,31 Ba	389,41 Ba
Mucuna-rajada	5,33 Ab	8,33 Ba	360,68 Bb	1081,88Aa
Mucuna-preta	5,33 Ab	11,33Aa	1076,59Aa	1074,12Aa
Sorgo	3,66 Aa	5,00 Ca	456,05 Ba	401,96 Ba
CV%	28,43		38,00	

¹ Valores seguidos das mesmas letras, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

No acúmulo de Mn, no espaçamento de 25 cm, a mucuna-preta apresentou o maior valor, seguida dos demais adubos verdes que não diferiram entre eles. Já no espaçamento de 50 cm, as mucunas preta e rajada apresentaram o maior acúmulo, seguidas do feijão-de-porco e sorgo.

Esse resultado foi superior ao encontrado por Oliveira (2001) e Duarte Júnior & Coelho (2008) para mucuna-preta, 84,58 e 940 g.ha⁻¹, respectivamente.

Analisando-se os dados da Tabela 16, observa-se que a mucuna-preta apresentou os maiores acúmulos de todos os macronutrientes, sendo igualada pelo sorgo apenas nos acúmulos de K e Mg.

Segundo Borkert et al. (2003), a mucuna-preta, assim como as leguminosas em geral, apresentam elevados teores de N na biomassa, podendo acumular de 66 a 280 kg.ha⁻¹ de N, com rendimento de MS entre 1,7 e 8,6 t.ha⁻¹. Os autores citam, ainda, que essa espécie também recicla quantidades consideráveis de P e K e acumula maiores quantidades de P por tonelada de MS, quando comparada a uma espécie de gramínea.

TABELA 16 Acúmulo de macronutrientes da parte aérea de diferentes plantas de cobertura, em Lavras, MG ¹

Adubos verdes	N	K	Ca	Mg	S
	.....kg.ha ⁻¹				
Feijão-de-porco	106,16 c	66,00 b	48,16 b	1,83 b	7,50 b
Mucuna-rajada	167,50 b	82,16 b	51,00 b	1,00 b	13,50 b
Mucuna-preta	274,00 a	149,33a	74,83 a	4,66 a	20,16 a
Sorgo	167,16 b	125,50a	21,00 c	5,33 a	11,00 b
CV%	25,60	19,08	31,51	36,07	33,31

¹ Valores seguidos das mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Quanto aos micronutrientes, observa-se, pelos dados da Tabela 17, que a mucuna-preta se destacou com maior acúmulo de B, Cu, Zn e Fe, o que, possivelmente, deve-se à maior produtividade de matéria seca encontrada neste trabalho por esta espécie.

TABELA 17 Acúmulo de boro (B), cobre (Cu), zinco (Zn) e ferro (Fe) da parte aérea de diferentes adubos verdes, em Lavras, MG ¹

Adubos verdes	B	Cu	Zn	Fe
	.....g.ha ⁻¹			
Feijão-de-porco	151,10 b	17,86 c	39,92 c	410,73 c
Mucuna-rajada	159,59 b	71,16 b	140,53 b	798,39 b
Mucuna-preta	322,64 a	122,31 a	208,37 a	1161,52 a
Sorgo	125,16 b	34,47 c	114,29 b	766,42 b
CV%	30,02	29,93	33,50	24,73

¹ Valores seguidos das mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Pela observação dos dados da Tabela 18, observa-se que N, Ca, S, B e Fe apresentaram maiores acúmulos no espaçamento de 50 cm. Estes resultados, possivelmente, são explicados pelo fato de todos os adubos verdes terem apresentado maior produtividade de matéria seca neste espaçamento (Tabela 7).

TABELA 18 Acúmulo de N, Ca, S, B e Fe por plantas de cobertura em dois espaçamentos, em Lavras, MG ¹

Espaçamento	N	Ca	S	B	Fe
	.....kg.ha ⁻¹				
cm	.....g.ha ⁻¹				
25	152,83 b	40,58 b	11,08 b	160,32 b	682,90 b
50	204,58 a	56,91 a	15,00 a	218,93 a	885,64 a
CV%	25,60	31,51	33,31	30,02	24,73

¹ Valores seguidos das mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

4.1.5 Estudo das propriedades químicas do solo

Observando-se os dados das Tabelas 19, 20 e 21, verifica-se que houve efeito significativo entre os adubos verdes para os teores de K e Mn, CTC potencial (T) e entre os espaçamentos para K, P, e Mn; também houve na interação das diferentes espécies de adubos verdes e espaçamentos para soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions efetiva do solo (t), saturação por alumínio (m), teores de Mg, Fe e Cu.

Matéria orgânica, pH, Ca, Zn e B não apresentaram diferença significativa nas propriedades químicas do solo com o plantio de adubos verdes.

TABELA 19 Resumo das análises de variância dos macronutrientes presentes no solo sob feijão-de-porco, mucuna-rajada, mucuna-preta e sorgo. Lavras, MG, 2009

FV	GL	Macronutrientes (quadrados médios)				
		Ca	Mg	K	S	P
		.....cmol _c .dm ⁻³.....			.....mg.dm ⁻³	
AV	3	0,138	0,06*	0,007*	8,36	0.10
ES	1	0,008	0,01	0,003*	7,03	0.58*
AV*ES	3	0,483	0,32*	0,000	2,07	0.02
Bloco	2	0,038	0,02	0,000	13,15	0.25*
Erro	14	0,152	0,01	0,000	4,40	0.05
CV(%)		24,06	14,40	19,70	20,71	14,87

TABELA 20 Resumos das análises de variância dos micronutrientes presentes no solo sob feijão-de-porco, mucuna-rajada, mucuna-preta e sorgo. Lavras, MG 2009

FV	GL	Micronutrientes (quadrados médios)				
		B	Cu	Mn	Zn	Fe
		.....mg.dm ⁻³				
AV	3	0,0015	0,024	52,99*	0,011	4159,5
ES	1	0,0004	0,004	239,40*	0,150	13067,6*
AV*ES	3	0,0115	0,058*	46,60	0,002	7157,2*
Bloco	2	0,0200	0,045	44,63	0,008	372,9
Erro	14	0,0076	0,015	15,73	0,033	1427,3
CV(%)		27,93	8,19	8,57	17,67	13,75

TABELA 21 Resumo das análises de variância das propriedades químicas do solo sob feijão-de-porco, mucuna-rajada, mucuna-preta e sorgo. Lavras, MG, 2009

FV	GL	quadrados médios						
		pH	SB	T	t	m	V	MO
		.....cmol _c .dm ⁻³.....			.....%.....		g.kg ⁻¹	
AV	3	0,04	0,26	0,71*	0,28	20,24	34,06	0,5
ES	1	0,07	0,07	0,52	0,14	0,07	1,54	1,6
AV*ES	3	0,2	1,41*	0,52	1,06*	220,78*	324,38	0,5
Bloco	2	0,36	0,10	1,46*	0,08	3,97	196,01	0,4
Erro	14	0,13	0,24	0,18	0,14	13,78	104,82	0,8
CV(%)		6,39	19,36	7,53	13,67	34,59	23,09	15,59

*significativo, pelo teste F, a 5%

No espaçamento de 25 cm, a parcela que continha o feijão-de-porco apresentou maior soma de bases e maior CTC efetiva (t) do que as demais parcelas com as outras espécies de adubos verdes. Já para o espaçamento de 50 cm não houve diferença significativa para a soma de bases, no entanto, para (t), as parcelas com mucuna-preta e rajada obtiveram maiores resultados.

Entretanto, analisando cada espécie em diferentes espaçamentos, notou-se que a parcela com feijão-de-porco no espaçamento de 25 apresentou resultado superior ao encontrados nas parcelas com espaçamento de 50 cm, tanto na soma de bases quanto na CTC efetiva, ao contrário da mucuna-preta, cujos resultados da parcela no espaçamento de 50 cm foram superiores aos da parcela no espaçamento de 25 cm (Tabela 22).

Em relação à saturação por alumínio no espaçamento de 25 cm, as parcelas com mucuna-preta e sorgo apresentaram maiores valores em relação às parcelas sob mucuna-rajada e feijão-de-porco, que não diferiram entre si. Para o espaçamento de 50 cm, o feijão-de-porco foi superior às demais plantas de cobertura.

TABELA 22 Soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (t) efetiva e saturação por alumínio (m) das parcelas com diferentes espécies de plantas de cobertura, feijão-de-porco (FP), mucuna-rajada (MR), mucuna-preta (MP) e sorgo (SG), em dois espaçamentos (cm), em Lavras, MG¹

AV	SB (cmol _c .dm ⁻³)		t (cmol _c .dm ⁻³)		m%	
	25	50	25	50	25	50
FP	3,43 Aa	2,05 Ab	3,63 Aa	2,45 Bb	3,66 Bb	20,44Aa
MR	2,51 Ba	2,66 Aa	2,84 Ba	2,86 Aa	8,67 Ba	8,79 Ba
MP	2,11 Bb	3,07 Aa	2,38 Bb	3,24 Aa	15,49Aa	3,75 Bb
SG	2,34 Ba	2,16 Aa	2,67 Ba	2,36 Ba	14,86Aa	10,15Ba
CV%	19,36		13,67		34,59	

¹ Valores seguidos das mesmas letras, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Segundo Quaggio (2000), a movimentação de bases no solo é influenciada por vários fatores, como dose de corretivo, tempo de reação, precipitação, características físicas do solo, capacidade-tampão do solo e presença de ânions, orgânicos ou inorgânicos.

O solo sob cultivo de feijão-de-porco e a mucuna-rajada apresentaram maiores valores de CTC potencial do que mucuna-preta e sorgo, que não diferiram (Tabela 23). A capacidade de troca de cátions potencial (T) reflete a capacidade do solo em reter cátions a pH 7,0.

TABELA 23 Capacidade de troca de cátions potencial (T), potássio (K) e manganês (Mn) em solos sob diferentes espécies de adubos verdes

Adubos verdes	T (cmol _c .dm ⁻³)	K (cmol _c .dm ⁻³)	Mn (mg.dm ⁻³)
	Feijão-de-porco	6,14 a	0,17 a	44,78 b
Mucuna-rajada	6,02 a	0,12 b	45,80 b
Mucuna-preta	5,49 b	0,12 b	50,58 a
Sorgo	5,48 b	0,09 b	43,93 b
CV%	7,53	19,7	8,57

¹ Valores seguidos das mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Conforme Testa et al. (1992), o uso de leguminosas capazes de produzir altas quantidades de resíduos permite redução na lixiviação de cátions e aumento na CTC, o qual é acompanhado por aumento proporcionais nos teores de Ca, Mg e K e, conseqüentemente, na soma de bases do solo. Porém, esse efeito se dá a longo prazo. No presente trabalho, provavelmente, esses maiores valores nos solos sob cultivo de feijão-de-porco se devem à maior capacidade dessa leguminosa de retornar Ca, Mg e K ao solo por meio da sua biomassa, em relação à gramínea.

Observando-se os dados da Tabela 23, verifica-se que o solo onde foi cultivado o feijão-de-porco apresentou maior concentração de K quando comparado aos demais, enquanto que, para a concentração de Mn, o destaque foi na área onde se cultivou mucuna-preta.

Segundo Becker & Meurer (1986), fatores inerentes à própria planta, como idade da raiz, idade da planta, fatores de natureza química e física, como interações ou antagonismo entre íons, teor de O₂ na rizosfera, temperatura, além das diferenças entre genótipos, podem afetar significativamente a absorção de K pelas raízes das plantas.

De acordo com Dechen & Nachtigall (2006), há uma correlação positiva entre a concentração de Mn na planta com a matéria orgânica. Este fato pode ser explicado pela maior produtividade de matéria seca da mucuna-preta, o que pode ter proporcionado maior quantidade de Mn em solos sob essa espécie.

Os espaçamentos influenciaram na concentração de K, P e Mn, conforme se observa nos dados da Tabela 24. No espaçamento de 25 cm, houve maior concentração de K, ao contrário do P e Mn, em que a maior concentração ocorreu no cultivo com 50 cm de espaçamento.

TABELA 24 Macro e micronutrientes presentes no solo após o manejo das diferentes plantas de cobertura em dois espaçamentos, em Lavras, MG¹

Espaçamento (cm)			
	K (cmol _c .dm ⁻³)	P (mg.dm ⁻³)	Mn (mg.dm ⁻³)
25	0,14 a	1,39 b	43,12 b
50	0,11 b	1,70 a	49,43 a
CV%	19,70	14,87	8,57

¹ Valores seguidos das mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott- Knott, a 5% de probabilidade.

Meurer & Anghinoni (1994), avaliando a disponibilidade de K em diferentes solos, demonstraram que, das características morfológicas de planta, a que mais afetou a absorção foi a taxa de crescimento das raízes, que atua na área efetiva para a absorção deste elemento. Com base nessas informações, solos sob maiores densidade de plantas, ou seja, no espaçamento de 25 cm, produzem maiores quantidades de raízes e, possivelmente, maior absorção de K.

Segundo Barber (1984), a liberação do P para a solução do solo é controlada pela taxa de mineralização da matéria orgânica e depende da atividade microbiana. No presente estudo, as maiores produtividades de matéria seca pelas plantas de cobertura foram no espaçamento de 50 cm, podendo reverter em maiores quantidades de matéria orgânica e, conseqüentemente, maiores retornos de P e Mn para o solo.

Analisando os dados da Tabela 25, observa-se que, para o Mg presente no solo, as parcelas sob feijão-de-porco no espaçamento de 25 e sob mucuna-preta no de 50 cm foram as que apresentaram maior quantidade desse elemento no solo.

Em relação à quantidade de Fe, verifica-se que não houve diferença entre os adubos verdes quando cultivadas a 25 cm, enquanto que, a 50 cm, o feijão-de-porco e a mucuna-rajada foram superiores à mucuna-preta e ao sorgo,

que não diferiram.

Quanto ao Cu, não houve diferença significativa quando o cultivo foi no espaçamento de 25 cm, porém, no de 50 cm, o sorgo destacou-se sobre as demais espécies analisadas.

TABELA 25 Magnésio, ferro e cobre presentes no solo após o manejo das diferentes plantas de cobertura em dois espaçamentos (cm), em Lavras, MG ¹

AV	Mg (cmol _c .dm ⁻³)		Fe (mg.dm ⁻³)		Cu (mg.dm ⁻³)	
	25	50	25	50	25	50
FP	1,15 Aa	0,56 Bb	256,00 Ab	345,13Aa	1,50 Aa	1,51 Ba
MR	0,76 Ba	0,60 Ba	246,60 Ab	340,75Aa	1,50 Aa	1,36 Ba
MP	0,63 Bb	1,17 Aa	274,66 Aa	220,63Ba	1,65 Aa	1,43 Bb
SG	0,71 Ba	0,71 Ba	228,13 Aa	285,55Ba	1,46 Ab	1,70 Aa
CV%	14,40		13,75		8,19	

¹ Valores seguidos das mesmas letras, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

4.2 Segunda etapa

4.2.1 Produtividade do milho verde

Observando-se os dados da Tabela 26, verifica-se que houve diferença significativa na interação do fatorial (adubos verdes x espaçamento) e o tratamento adicional (vegetação espontânea) e entre os adubos verdes, para produtividade de espigas empalhadas (PEE), produtividade de espigas despalhadas (PED), produtividade de espigas comerciais (PEC), porcentagem de espigas comerciais (%EC) e altura de plantas (AP).

TABELA 26 Resumo das análises de variâncias dos dados referentes à produtividade de milho verde e altura de plantas em sucessão aos adubos verdes. Adubos verdes (AV), espaçamento (ES), vegetação espontânea (VE) e fatorial (FAT) =AV*ES. Interação fatorial (FAT * VE)

FV	GL	QM (quadrados médios)				
		PEE	PED	PEC	%EC	AP
		.....kg.ha ⁻¹.....				...m....
AV	3	125495543,5*	59697699,6*	51580307,4*	616,5*	0,171*
ES	1	311632,7 ^{ns}	22593,9 ^{ns}	109717,5 ^{ns}	25,7 ^{ns}	0,000 ^{ns}
AV*ES	3	758379,0 ^{ns}	135593,6 ^{ns}	1479320,1 ^{ns}	232,4 ^{ns}	0,053 ^{ns}
FAT*VE	1	39467221,9*	20128094,3*	26545973,6*	1125,5*	0,321*
Bloco	2	45264069,15*	20277778,4*	12437488,4	70,6 ^{ns}	0,071 ^{ns}
Erro	14	5275383,54	3337065,2	3746892,8	97,1	0,023
CV(%)		18,23	22,65	30,73	13,25	8,72

*significativo, pelo teste F, a 5%

^{ns} não significativo, pelo teste F, a 5%

As parcelas que continham adubos verdes apresentaram maiores valores de PEE, PED, PEC, %EC e AP do que a parcela com vegetação espontânea, no cultivo do milho verde em sucessão (Tabela 27). Esse resultado pode ser explicado pela produtividade de matéria orgânica dos adubos verdes que

possuem capacidade de ciclagem de nutrientes ao solo.

Albuquerque (2005), avaliando diferentes cultivares de milho verde em Lavras e Ijaci, MG, encontrou, em média, 21.292,6 e 13.795,8 kg.ha⁻¹ de PEE, respectivamente, valores maiores ao encontrados no presente estudo. Já para PEC, o mesmo autor encontrou, em média, valor maior em Lavras e menor em Ijaci (12.394,5 kg.ha⁻¹ e 4.347,6 kg.ha⁻¹). Em relação a % EC, o valor encontrado neste trabalho foi superior (76,3%) ao encontrado pelo mesmo autor na cidade de Ijaci (42,1%).

TABELA 27 Valores médios da produtividade de espigas empalhadas (PEE), produtividade de espigas despalhadas (PED), produtividade de espigas comerciais despalhadas (PEC), porcentagem de espigas comerciais (% EC), altura de planta (AP) da cultura do milho verde em sucessão aos adubos verdes e vegetação espontânea (V Esp)¹

Tratamentos	PEE	PED	PEC	%EC	AP
	.....kg.ha ⁻¹.....				....m.....
Adubos verdes	13028,93 a	8370,08 a	6649,05 a	76,31 a	1,81 a
V Esp	9181,20 b	5622,73 b	3493,94 b	58,72 b	1,46 b

¹ Valores seguidos das mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

Conforme Carvalho & Amabile (2006), as plantas de cobertura são responsáveis pela qualidade e incrementos do teor de matéria orgânica e da atividade biológica do solo. Seu manejo promove maior disponibilidade de nutrientes aos plantios subsequentes em consequência da fixação biológica do nitrogênio por meio das leguminosas, do aumento de solubilidade de alguns nutrientes como o fósforo ou da absorção deles a partir de camadas mais profundas do solo.

Todavia, observa-se, pelos dados da Tabela 28, que as leguminosas propiciaram maiores valores que o sorgo em todos os parâmetros estudados.

TABELA 28 Valores médios da produtividade de espigas empalhadas (PEE), produtividade de espigas despalhadas (PED), produtividade de espigas comerciais despalhadas (PEC), porcentagem de espigas comerciais (% EC) e altura de planta do milho verde em sucessão ao feijão-de-porco (FP), mucuna-rajada (MR), mucuna-preta (MP) e sorgo (SG) ¹

Tratamentos	PEE	PED	PEC	%EC	AP
	.....kg.ha ⁻¹.....				.....m.....
FP	16066,77 a	10155,30 a	8223,48 a	80,40 a	1,81 a
MP	15216,06 a	9818,48 a	7839,85 a	79,67 a	1,93 a
MR	14604,85 a	9862,57 a	8272,27 a	83,81 a	1,92 a
SG	6228,03 b	3643,93 b	2260,60 b	61,34 b	1,56 b

¹ Valores seguidos das mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Estes resultados, possivelmente, possam ser explicados pelo fato de que as leguminosas, de modo geral, possuem capacidade de fixar N atmosférico em simbiose com *Rhizobium* e possuem baixa relação C/N, o que favorece a rápida decomposição e a liberação desse nutriente para a cultura sucedânea (Ceretta et al., 1994). Outro aspecto a ser considerado é que as leguminosas, em geral, apresentaram maiores produções de fitomassa fresca e seca e a adição de material orgânico mediante a adubação verde proporciona modificações gerais nos atributos do solo (De-Polli & Chadda, 1989).

Muraishi et al. (2005) verificaram que quando o milho foi cultivado sob a palhada de sorgo, obtiveram-se menores valores de altura de plantas. Segundo dados da EMBRAPA (2000), não se recomenda utilizar o sorgo como cultura antecessora do milho em sistema de rotação.

5 CONCLUSÕES

- O feijão-de-porco apresenta maior cobertura do solo em menor tempo, quando cultivado no espaçamento de 25 cm.
- As leguminosas proporcionam maior produtividade de fitomassa e acúmulo de nutrientes no espaçamento de 50 cm.
- A mucuna-preta apresentou maior acúmulo de N, Ca, S, B, Cu, Zn e Fe.
- As mucunas apresentaram o mesmo recobrimento do solo em ambos os espaçamentos.
- As leguminosas contribuíram para o aumento da produtividade do milho verde.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, C. J. B. **Desempenho de híbridos de milho verde na região sul de Minas Gerais**. 2005. 56 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ALCÂNTARA, P. B.; BUFARAH, G. **Plantas forrageiras: gramíneas e leguminosas**. 5. ed. São Paulo: Nobel, 1998. 162 p.

ALMEIDA, K. **Comportamento de cultivares de couve-flor sob sistema de plantio direto e convencional em fase de conversão ao sistema orgânico**. 2004. 56 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ALVARENGA, R. C. **Potencialidades de adubos verdes para conservação e recuperação de solos**. 1993. 112 p. Tese (Doutorado Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M. da; MOURA FILHO, W.; REGAZZI, A. J. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 175-185, mar. 1995.

AMABILE, R. F.; CARVALHO, A. M. de; DUARTE, J. B.; FANCELLI, A. L. Efeito de épocas de semeadura na fisiologia e produtividade de fitomassa de leguminosas nos cerrados da região do Mato Grosso e de Goiás. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 53, n. 2/3, p. 296-303, maio/dez. 1996.

AMABILE, R. F.; CARVALHO, A. M. de; PEREIRA, J.; GOMES, A. C. Produtividade de fitomassa e exportação de nutrientes pela parte aérea e genótipos de mucuna. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997. 1 CD-ROM.

AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L.; CARVALHO, A. M. de. Absorção de N, P e K por espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos num Latossolo vermelho-escuro argiloso sob cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, n. 4, p. 837-845, out./dez. 1999.

AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L.; CARVALHO, A. M. de. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 47-54, jan. 2000.

AMADO, T. J. C.; ALMEIDA, E. X.; DALL`AGNOL, I.; MATOS, A. T. **Determinação da cobertura do solo por adubos verdes**. Florianópolis: EMPASC, 1987. 6 p. (EMPASC. Pesquisa em andamento, 78).

AMADO, T. J. C.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa do manejo do resíduo cultural de soja na redução das perdas de solo por erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 13, n. 1, p. 251-257, jan./abr. 1989.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendações de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, n. 1, p. 241-248, jan./mar. 2002.

ARAÚJO, A. P.; ALMEIDA, D. L. de. Adubação verde associada a fosfato de rocha na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 245-251, fev. 1993.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; FLECK, N. G.; BORTOLINI, C. G.; NEVES, R.; AGOSTINETTO, D. Efeitos do manejo mecânico e químico da aveia-preta no milho em sucessão e no controle do capim-papuã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 6, p. 851-860, jun. 2001.

BARBER, S. A. **Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach**. New York: Wiley-Interscience, 1984. 398 p.

BECKER, M.; MEURER, E. J. Morfologia de raízes, suprimento e influxo de potássio em plantas de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 10, n. 3, p. 259- 363, set./dez. 1986.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 5. ed. São Paulo: Ícone, 2005. 355 p.

BORKERT, C. M.; GAUDÊNCIO, C. A.; PEREIRA, J. E.; PEREIRA, L. R.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n. 1, p. 143-153, jan. 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normas climatológicas**: 1961-1990. Brasília: MA/SNI/INMET, 1992. 84 p.

CALEGARI, A. **Leguminosas para adubação verde de verão no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1995. 118 p. (Circular, 80).

CALEGARI, A.; ALCÂNTARA, P. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. Caracterização das principais espécies de adubos verde. In: COSTA, M. B. B. da. (Coord.). **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-APTA, 1993a. p. 206-319.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E. A.; WILDER, L. P.; COSTA, M. B. B.; ALCÂNTARA, P. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, J. T. Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA, M. B. B. da. (Coord.). **Adubação verde no sul do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: AS-APTA, 1993b. p. 01-56.

CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F. **Cerrado**: adubação verde. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2006. 369 p.

CARVALHO, A. M. de; BURLE, M. L.; PEREIRA, J.; SILVA, M. A. da. **Manejo de adubos verdes no cerrado**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1999. 28 p. (EMBRAPA-CPAC. Circular técnica, 4).

CARVALHO, A. M. de; SODRÉ FILHO, J. **Uso de adubos verdes como cobertura do solo**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 2000. 20 p. (Boletim de pesquisa, 11).

CERETTA, C. A.; AITA, C. O.; BRAIDA, J. A.; PAVINATO, A. O.; SALT, R. L. Fornecimento de nitrogênio por leguminosas na primavera para o milho em sucessão nos sistemas de cultivo mínimo e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p. 215-220, 1994.

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

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5ª aproximação. Viçosa, MG, 1999. 359 p.

COSTA, M. B. B. **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-APTA, 1992. 346 p.

DAROLT, M. R. Princípios para implantação e manutenção do sistema. In: _____. **Plantio direto**: pequena propriedade sustentável. Londrina: IAPAR, 1998. cap. 2, p. 16-45. (Circular, 101).

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: SBCS, 2006. 432 p.

DE-POLLI, H.; CHADDA, S. de S. Adubação verde incorporada ou em cobertura na produtividade de milho em solo de baixo potencial de produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 13, n. 3, p. 287-293, 1989.

DUARTE JÚNIOR, J. B.; COELHO, F. C. Adubos verdes e seus efeitos no rendimento da cana-de-açúcar em sistema de plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 3, p. 723-732, 2008.

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **O cultivo do milho verde**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2003.

FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M. da. Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1355-1362, nov. 2001.

FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; COSTA, L. M.; ALVARENGA, R. C.; NEVES, J. C. L. Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 1, p. 171-177, jan./mar. 2000.

FERNANDES, M. F.; BARRETO, A. C.; EMÍDIO FILHO, J. Fitomassa de adubos verdes e controle de plantas daninhas em diferentes densidades populacionais de leguminosas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n. 9, p. 1593-1600, set. 1999.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FONTANÉTTI, A.; CARVALHO, G. J. de; MORAIS, A. R. de; ALMEIDA, K. de; DUARTE, W. F. Adubação verde no controle de plantas invasoras nas culturas de alface-americana e de repolho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 967-973, set./out. 2004.

FRANCO, A. A.; SOUTO, S. M. Contribuição da fixação biológica de N₂ na adubação verde. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Adubação verde no Brasil**. Campinas, 1984. p. 199-217.

HEIZMANN, F. X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por cultura de verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 9, n. 20, p. 1021-1030, set. 1985.

KOLLING, D. F.; SCHÄGLE, E.; PERUSSO, R.; MATTIAS, J. L.; DENARDIN, R. B. N.; WILDNER, L. P.; LUTERO, R. M. Curva de crescimento, de cobertura de solo e de absorção de nitrogênio da mucuna rajada (*Mucuna pruriens* var. *utilis* (Wall. Ex Wight) Baker ex Burk = *Mucuna deeringiana* (Bort), Merr.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado. **Anais...** Gramado: UFRGS, 2007. 1 CD-ROM.

LEMARE, P. H.; PEREIRA, J.; GOEDERT, W. J. Effects of green manure in isotopically exchangeable phosphate in a dark-red Latosol in Brazil. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 38, n. 2, p. 199-209, June 1987.

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

MENEZES, L. A. S.; LEANDRO, W. M. Avaliação de espécies de coberturas do solo com potencial de uso em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 34, n. 3, p. 173-180, 2004.

MESCHEDE, D. K.; FERREIRA, A. B.; RIBEIRO JÚNIOR, C. C. Avaliação de diferentes coberturas na supressão de plantas daninhas no cerrado. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 25, n. 3, p. 465-471, jul./set. 2007.

MEURER, E. J.; ANGHINONI, I. Utilização de modelo mecanístico para a avaliação da disponibilidade de potássio em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 18, n. 1, p. 73-80, jan./abr. 1994.

MIYASAKA, S.; GALLO, J. R.; SILVA, J. G. Histórico de estudos de adubação verde, leguminosas viáveis e suas características. In: FUNDAÇÃO CARGILL **Adubação verde no Brasil**. Campinas, 1984. p. 64-123.

MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequena propriedade**. 2. ed. Chapecó: Do Autor, 1991. 336 p.

MURAISHI, C. T.; LEAL, A. J. F.; LAZARINI, E.; RODRIGUES, L. R.; GOMES JÚNIOR, F. G. Manejo de espécies vegetais de cobertura de solo e produtividade do milho e da soja em semeadura direta. **Acta Scientia Agronomia**, Maringá, v. 27, n. 2, p. 199-207, abr./jun. 2005.

NASCIMENTO, A. F.; MATTOS, J. L. S. Produtividade de biomassa e supressão de plantas espontâneas por adubos verdes. **Agroecologia**, v. 2, p. 33-38, 2007.

OLIVEIRA, L. A. Atividade do INPA com adubação verde. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Adubação verde no Brasil**. Campinas, 1984. p. 3-5.

OLIVEIRA, T. K. de. **Plantas de cobertura em cultivo solteiro e consorciado e seus efeitos no feijoeiro e no solo em plantio direto**. 2001. 109 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PAULA JÚNIOR, T. J.; VENZON, M. **101 culturas: manual de tecnologias agrícolas**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. 800 p.

PETERSON, T. A.; VARVEL, G. E. Crop yield as affected by rotation and nitrogen rate: III. corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81, n. 5, p. 735-738, Sept. 1989.

PITOL, C. Utilização de leguminosas para conservação e melhoramento do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO E ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 6., 1986, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBCS, 1986. p. 93-94.

QUAGGIO, J. A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2000. 111 p.

SANTOS, C. T. C.; CARVALHO, G. J. de. Avaliação de leguminosas utilizadas para adubação verde, cultivadas no inverno e no verão sem adubação química na região de Lavras. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFLA, 12., 1999, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA/PRP, 1999. p. 42-43.

SCIVITTARO, W. B.; MURAOKA, T.; BOARETTO, A. E.; TRIVELIN, P. C. O. Transformações do nitrogênio proveniente de mucuna-preta e uréia utilizados como adubo na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 12, p. 1427-1433, dez. 2003.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES DO AGRIBUSINESS DE MINAS GERAIS. **Produção agrícola**. Belo Horizonte: Secretaria de Estado de Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2005. Disponível em: < <http://agridata.mg.gov.br>>. Acesso em: 05 mar. 2009.

SODRÉ FILHO, J.; CARDOSO, A. N.; CARMONA, R.; CARVALHO, A. M. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na região do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 4, p. 327-334, abr. 2004.

STOCKING, M. A. Assessing vegetative cover and management effects. In: LAL, R. (Ed.). **Soil erosion: research methods**. 2. ed. Debray Beach, Fla: St. Lucie, 1994. 340 p.

TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J. de C.; FURTINI NETO, A. E.; ANDRADE, M. J. B. de; MARQUES, E. L. S. Produção de biomassa e teor de macronutrientes do milheto, feijão-de-porco e guandu-anão em cultivo solteiro e consorciado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 1, p. 93-99, jan./fev. 2005.

TESTA, V. M.; TEIXEIRA, L. A. J.; MIELNICZUK, J. Características químicas de um Podzólico vermelho-escuro afetadas por sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 1, n. 16, p. 107-114, jan./abr. 1992.