



**ADRIANA CRISTINA DIAS**

**PLANTAS DE COBERTURA DO SOLO NA  
ATENUAÇÃO DA EROÇÃO HÍDRICA NO SUL  
DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

**LAVRAS – MG**

**2012**

**ADRIANA CRISTINA DIAS**

**PLANTAS DE COBERTURA DO SOLO NA ATENUAÇÃO DA EROSÃO  
HÍDRICA NO SUL DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração em Recursos Ambientais e Uso da Terra, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Marx Leandro Naves Silva

**LAVRAS – MG**

**2012**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca da UFLA**

Dias, Adriana Cristina.

Plantas de cobertura do solo na atenuação da erosão hídrica no sul do Estado de Minas Gerais / Adriana Cristina Dias. – Lavras: UFLA, 2012.

111 p.: il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.

Orientador: Marx Leandro Naves Silva.

Bibliografia.

1. Fabaceae. 2. Poaceae. 3. Conservação do solo. 4. Sistema de manejo. 5. Qualidade. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.452

**ADRIANA CRISTINA DIAS**

**PLANTAS DE COBERTURA DO SOLO NA ATENUAÇÃO DA EROSÃO  
HÍDRICA NO SUL DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração em Recursos Ambientais e Uso da Terra, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 17 de julho de 2012.

Dr. Nilton Curi UFLA

Dr. Gabriel José de Carvalho UFLA

Dr. Marx Leandro Naves Silva

Orientador

**LAVRAS – MG**

**2012**

*À minha mãe, Magda, e à meu pai, José Gonçalo.  
Ao meu irmão Adriano, pela amizade e compreensão.*

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

À Deus, porque sem Ele nada é possível.

À Universidade Federal de Lavras.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa de estudos.

Aos meus pais, Magda Maria da Silva Dias e José Gonçalo Dias, pela força, apoio, coragem, paciência e incentivo, em todos os momentos.

Ao meu irmão Adriano da Silva Dias.

Aos professores Dr. Marx Leandro Naves Silva e Dr. Nilton Curi pela acolhida, orientação e atenção e aos professores Dr. Gabriel José de Carvalho e Dr. Mozart Martins Ferreira.

Ao professor Moacir de Souza Dias Junior, pelos anos de orientação.

Aos meus avós, tios e primos, em especial ao Alexandre, por toda a ajuda; e ao George, “in memoriam”, pela força.

Ao Marcelo, pela ajuda, apoio, paciência e compreensão.

À Dulce e ao Doroteo, por toda a ajuda e principalmente pela amizade; e todos os colegas da pós-graduação e amigos, que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, em especial à Malu, Nilma e Paula Sant’Anna.

Às secretárias Dirce e Maria Alice (DCS).

À toda a equipe do projeto, em especial ao Diego Antônio França de Freitas e Rodrigo Magalhães Marques.

Ao Geraldo Cleber Martins, do departamento de Engenharia Agrícola, Setor de Agrometeorologia.

Ao Departamento de Ciência do Solo, pela oportunidade.

Muito obrigada!

## RESUMO

O uso de práticas conservacionistas, como o plantio em nível, e o uso de plantas de cobertura são capazes de reduzir a magnitude dos processos erosivos, reduzindo as perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico. O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de três plantas de cobertura (feijão-guandu, feijão-de-porco e milheto), plantados em nível e desnível, quanto aos seus atributos fitotécnicos e índice de cobertura vegetal, com vistas ao condicionamento químico e físico do solo e à proteção que estas plantas oferecem quanto à erosão hídrica. Também se objetivou determinar o fator cobertura e manejo do solo para as espécies vegetais citadas, bem como o fator práticas conservacionistas. O estudo foi conduzido em área experimental da Universidade Federal de Lavras, no município de Lavras – MG. A avaliação da altura das plantas foi realizada com a utilização de trena, onde foi observada a média das plantas e avaliou-se o índice de cobertura vegetal por meio de uma barra horizontal, com dezenove orifícios, colocada na diagonal sobre as plantas de cobertura. Para quantificar a massa verde delimitou-se com uma lona uma área de 3 m<sup>2</sup> onde todas as plantas situadas nessa área eram colhidas, e cortadas à altura do coleto. Para determinação da matéria seca, pesaram-se 500 g da massa verde, os quais foram desidratados em estufa até obter estabilidade do peso, determinando, assim, a produtividade de matéria seca (%). Para a determinação da densidade de plantio, fez-se a contagem de plantas em 3 metros lineares por parcela. As avaliações dos atributos químicos e físicos do solo foram realizadas em sete parcelas instaladas em campo, sendo seis delas cultivadas com plantas de cobertura e uma parcela mantida descoberta, utilizada como testemunha, sendo utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso com três repetições. Para a quantificação das perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico, utilizaram-se parcelas de 4 x 12 m em que a maior dimensão obedeceu ao sentido do declive. O plantio em nível das espécies vegetais é uma prática recomendada. Todas as plantas de cobertura foram eficientes na melhoria dos atributos químicos e físicos do solo. O feijão-de-porco, plantado em nível, foi a planta que apresentou as menores perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico, devido ao maior índice médio de cobertura do solo e maior produtividade de matéria fresca e seca.

Palavras-chave: Fabaceae. Poaceae. Conservação do solo. Sistemas de manejo. Qualidade do solo.

## ABSTRACT

The use of conservation practices such as contour planting and the use of cover crops are capable of reducing the magnitude of erosion processes, reducing losses of soil, water, nutrients and organic carbon. The objective of this study was to evaluate the potential of three cover crops (pigeon pea, jack bean and millet) nivel and desnivel planted as to their performance properties and plant cover index with a view to the chemical and physical rebuilding of soil and to the protection that these plants offer against water erosion. It was also aimed to determine the factor soil and cover and management for the species quoted as the well the factor conservation practices. The study was conducted in experimental area of the Universidade Federal de Lavras Federal University of Lavras), in the municipality of Lavras - MG. The assessment of plant height was conducted with the use of a tape, where the mean of the plants was observed and the cover index was evaluated by means of a horizontal bar with nineteen bores, placed diagonally over the cover plants. To quantify the green mass, an area of 3 m<sup>2</sup> was delimited by a tarpaulin, where all the plants situated in this area, were harvested and cut at the height of the girth. For the determination of the dry matter, 500 g of fresh mass were weighted, which were dried in an oven to obtain stability of the weight, determining thus the dry matter yield (%). For the determination of planting density, the counting of plants at three linear meters was done. The evaluations of the chemical and physical properties of soil were performed in seven plots established in the field, six of them being planted with cover crops and one plot kept uncovered, used as a control, the experimental design of randomized blocks with three replications being utilized. For the quantifying the loss of soil, water, nutrients and organic carbon, plots of 4 x 12 in which the largest size obeyed the direction of the largest slope. The contour planting of the plant species is a recommended practice. All cover crops were effective in improving both the chemical and physical properties of soil. The jack bean (pig bean), contour-planted, was the plant which presented the lowest losses of soil, water, nutrients and organic carbon due to the highest soil cover average index and highest fresh and dry matter yield.

Keywords: Fabaceae. Poaceae. Soil conservation. Tillage systems. Soil quality.



## SUMÁRIO

	<b>PRIMEIRA PARTE</b> .....	9
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	11
<b>2.1</b>	<b>PLANTAS DE COBERTURA NA PROTEÇÃO DO SOLO</b> .....	11
<b>2.2</b>	<b>QUALIDADE QUÍMICA E FÍSICA DO SOLO</b> .....	14
<b>2.3</b>	<b>EROSÃO HÍDRICA</b> .....	16
<b>3</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	19
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	20
	<b>SEGUNDA PARTE - ARTIGOS</b> .....	25
	<b>ARTIGO 1</b> Atributos fitotécnicos de plantas de cobertura utilizadas no controle da erosão hídrica do solo .....	25
	<b>ARTIGO 2</b> Alteração dos atributos físicos e químicos do solo, sob diferentes plantas de cobertura, na região sul de Minas Gerais <sup>(1)</sup> ....	57
	<b>ARTIGO 3</b> Perda de solo, água, nutrientes e carbono orgânico, por erosão hídrica, em áreas cultivadas com plantas de cobertura, no sul do estado de Minas Gerais .....	85

## PRIMEIRA PARTE

### 1 INTRODUÇÃO

A constante redução da produtividade dos solos tem sido atribuída principalmente à erosão hídrica e ao manejo inadequado do solo (MARTINS et al., 2003). A erosão hídrica é influenciada pela chuva, solo, topografia, cobertura e manejo do solo e práticas conservacionistas (GUADAGNIN et al., 2005). Dentre esses fatores, a cobertura e o manejo dos solos apresentam maior influência sobre a erosão hídrica.

O homem interfere significativamente na intensidade dos processos erosivos, sendo que práticas como o plantio direto, o uso de plantas de cobertura ou adubos verdes e o cultivo em nível são capazes de reduzir a magnitude destes processos. Conforme Bertol et al. (2007), o Brasil perde por erosão laminar, cerca de quinhentos milhões de toneladas de terra anualmente, que corresponde a um desgaste uniforme de uma camada de quinze cm de espessura numa área de 280.000 hectares de terra.

Segundo Cardoso (2009), as plantas de cobertura têm influência sobre essas perdas; espera-se que uma espécie com alto índice de cobertura propicie maior proteção ao solo, amortecendo o impacto das gotas de chuva sobre a superfície e, conseqüentemente, reduzindo o escoamento superficial. O índice de cobertura está relacionado à produtividade de fitomassa e, quanto mais elevado, melhor é a proteção do solo, pois plantas com alta produtividade protegem melhor a superfície das perdas de água e de nutrientes. Além disso, as plantas de cobertura apresentam melhorias nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo (ALBUQUERQUE et al., 2005; ARGENTON et al., 2005; NASCIMENTO et al., 2005; BOER et al., 2007; SOUZA NETO; ADRIOLI; CENTURION, 2008; CARDOSO, 2009).

Diante do exposto, o conhecimento do potencial de cobertura do solo oferecido pela cultura, bem como as épocas do ano em que os riscos de erosão são mais eminentes, é de fundamental importância para o planejamento das atividades de uso e manejo dos solos. Contudo, para a região Sul do Estado de Minas Gerais, há poucos estudos por meio dos quais são avaliados o potencial das plantas de cobertura no controle da erosão hídrica e os aspectos fitotécnicos, como a produção de fitomassa e o índice de cobertura (CARDOSO, 2009), além de aspectos relacionados ao condicionamento químico e físico do solo das espécies vegetais. Dessa forma, objetivou-se com este trabalho avaliar o potencial de três plantas de cobertura (feijão-guandu, feijão-de-porco e milheto), em dois sistemas de manejo (nível e desnível, no sentido da declividade do terreno), quanto os atributos fitotécnicos e o índice de cobertura das espécies vegetais, bem como a estimativa do fator uso e manejo dos solos (fator C) e o fator práticas conservacionistas (fator P) para as diferentes espécies vegetais e manejos, com vistas ao condicionamento químico e físico e à proteção que as mesmas oferecem, no tocante às perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Nesse tópico serão exploradas algumas informações sobre as plantas de cobertura na proteção do solo, na qualidade química e física do solo e nas perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico, causados pelo escoamento superficial.

### **2.1 Plantas de cobertura na proteção do solo**

A definição de espécies com elevada produtividade de fitomassa e alto índice de cobertura do solo é um dos fatores de sucesso do uso de plantas de cobertura, comumente chamadas de adubos verdes, com vistas à conservação do solo. Plantas com alto índice de cobertura e elevada produtividade de fitomassa propiciam melhor proteção, amortecendo o impacto das gotas de chuva sobre a superfície do solo reduzindo, conseqüentemente, os processos erosivos (CARDOSO, 2009). O desenvolvimento vegetativo das plantas de cobertura, principalmente rapidez de crescimento e eficiência na cobertura do solo, está relacionado às características morfológicas das folhas (tamanho e ângulo de disposição em relação ao colmo), tamanho das copas, desenvolvimento radicular, hábito de crescimento, além do resíduo cultural deixado na superfície. Manter a superfície do solo permanentemente coberta por materiais vegetais em fase vegetativa ou como resíduos é, efetivamente, o manejo mais recomendado para proteção e conservação do solo (ALVARENGA et al., 1995).

A velocidade com que determinada espécie cobre 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 (AMADO; COGO; LEVIEN, 1989). A velocidade e a porcentagem de cobertura do solo pelas plantas de cobertura permite, segundo Alvarenga et al. (1995),

dividir o período de crescimento das plantas em duas fases: Fase 1- considerada como fase de maior crescimento e velocidade na cobertura do solo, compreendida entre 10 e 40 dias após a emergência e Fase 2- constitui a fase de menor velocidade de cobertura, que vai de 40 dias após a emergência até o final do período de observação, sendo a fase em que se observam as porcentagens máximas de cobertura do solo. Os resultados alcançados por estes autores permitiram selecionar o feijão-de-porco como aquele que ofereceu maior proteção ao solo em menor período de tempo.

Sendo a cobertura vegetal a defesa natural do solo contra a erosão hídrica, o efeito da vegetação pode ser assim enumerado: (a) proteção direta contra o impacto das gotas de chuva; (b) dispersão da água, interceptando-a e evaporando-a antes que atinja o solo; (c) decomposição das raízes das plantas que, formando canalículos no solo, aumentam a infiltração da água; (d) melhoramento da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica, aumentando assim sua capacidade de retenção de água; (e) diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada pelo aumento do atrito na superfície (BERTONI; LOMBARDINETO, 1999).

Dentre as espécies vegetais indicadas para a conservação do solo, na região Sul do Estado de Minas Gerais, destacam-se espécies da família Fabaceae ou Leguminosa (dependendo do sistema de classificação utilizado) e espécies da família Poaceae, também conhecida como Gramíneas. As Fabaceae possuem ampla distribuição geográfica, sendo a característica típica dessa família a ocorrência do fruto do tipo legume, também conhecida como vagem. As Poaceae possuem distribuição cosmopolita, sendo extremamente importantes do ponto de vista econômico, não apenas pelo número de espécies, mas pela importância desta na alimentação, paisagismo, pastagens e conservação do solo.

Dentre as espécies vegetais da família Fabaceae, o feijão-guandu e o feijão-de-porco têm se destacado quanto à proteção oferecida ao solo. O feijão-

guandu é uma planta que possui grande facilidade de enraizamento a maiores profundidades, que não somente mostra seu grande potencial na absorção de água, mas também a possibilidade de absorção de nutrientes das camadas mais profundas (ALVARENGA et al., 1995). Possui porte ereto, com as folhas ramificadas lateralmente. Devido à sua raiz pivotante ser bastante agressiva, penetrando em solos compactos e adensados, é uma espécie bastante útil na descompactação de solos (CARDOSO, 2009). Neste particular, alguns pesquisadores observam a capacidade das raízes do feijão-guandu de se desenvolverem em profundidade, mesmo quando existe no solo uma camada de maior resistência à compactação (ALVARENGA et al., 1995).

O feijão-de-porco, segundo Alvarenga et al. (1995) apresenta raiz do tipo pivotante, que desce a uma profundidade de até, aproximadamente 60 cm, com raízes laterais grossas, com tendência horizontal, devido ao hábito de crescimento rasteiro característico dessa espécie.

O milheto é uma espécie vegetal que se destaca dentro da família Poaceae com vistas à proteção do solo, principalmente no Cerrado, devido à tolerância dessa espécie às deficiências hídricas e ao menor custo de suas sementes. É uma espécie de porte alto, com disposição de folhas pouco ramificadas lateralmente.

Trabalhos quanto ao potencial de utilização de plantas de cobertura, visando a conservação do solo, estão sendo realizados no município de Lavras, MG. Castro et al. (2011), quantificando as perdas de solo, água e o potencial de arraste de sedimentos decorrentes da erosão hídrica, sob chuva natural, utilizando quatro espécies de plantas de cobertura em dois sistemas (cultivo consorciado e solteiro) concluíram que o feijão-de-porco e feijão-guandu apresentam maior proteção do solo contra a erosão hídrica e que a crotalária (*Crotalaria spectabilis*) apresenta as maiores perdas de solo e elevada perda de água. Estes autores ainda relataram que não foi possível inferir sobre a relação

entre um índice fitotécnico isolado e a proteção do solo contra a erosão hídrica, mostrando a necessidade de se intensificar os estudos sobre o uso de plantas de cobertura na proteção dos solos. Avaliando a influência de plantas de cobertura em diferentes espaçamentos de plantio sob as perdas de solo, água e nutrientes por erosão hídrica, Cardoso et al. (2012) concluíram que o feijão-de-porco foi a espécie que apresentou maior potencial no controle dos processos erosivos.

Na região Sul do Estado de Minas Gerais, onde a topografia, precipitação e o tipo de solo favorecem o processo erosivo, torna-se importante o uso de técnicas alternativas para o controle da erosão, como o uso de plantas de cobertura para uma melhor proteção da superfície do solo (CARDOSO et al., 2012).

## **2.2 Qualidade química e física do solo**

O solo sob vegetação nativa encontra-se, normalmente, em melhor estado de agregação e com teor estável de matéria orgânica (ALBUQUERQUE et al., 2005). A utilização de práticas conservacionistas de manejo do solo tem recebido grande ênfase atualmente, basicamente no que se refere à manutenção e à melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos cultivados e suas implicações no rendimento das culturas. A adoção de sistemas de manejo que mantenham a proteção do solo através do contínuo aporte de resíduos orgânicos é fundamental para a manutenção de uma boa estrutura (SILVA et al., 1998).

Vários sistemas de manejo têm sido estudados visando à manutenção da fertilidade do solo e o controle da erosão, com o objetivo de redução dos custos operacionais e aumento da renda líquida para uma agricultura sustentável. A utilização de plantas de cobertura torna-se de grande importância, pois estas atuam na proteção contra os efeitos da erosão causadas por variáveis

edafoclimáticas, como agente reestruturadora de propriedades físicas e químicas do solo, favorecendo uma estabilidade e equilíbrio nos ciclos das culturas em sucessão (SOUZA et al., 2008).

Os resíduos, quando mantidos sobre a superfície do solo, evitam o impacto direto das gotas da chuva, prevenindo a desagregação e o selamento superficial e mantendo taxas adequadas de infiltração de água no solo (AMADO; COGO; LEVIEN, 1989). Estes constituem ainda importante reserva de nutrientes, cuja disponibilização pode ser rápida e intensa ou lenta e gradual, conforme a interação entre os fatores climáticos, principalmente precipitação pluvial e temperatura, atividade macro e microbiológica do solo e qualidade e quantidade do resíduo vegetal (ALCÂNTARA et al., 2000; OLIVEIRA; CARVALHO; MORAES, 2002). Diversas espécies de plantas de cobertura do solo podem ser utilizadas a fim de evitar sua exaustão. Porém, para que uma espécie seja eficaz na ciclagem de nutrientes, deve haver sincronia entre o nutriente liberado pelo resíduo da planta de cobertura e a demanda da cultura de interesse comercial, cultivada em sucessão (BRAZ et al., 2004).

A velocidade de decomposição bem como o acúmulo de nutrientes na biomassa e sua liberação variam entre Poaceae e Fabaceae (BOER et al., 2007). Segundo Oliveira, Carvalho e Moraes (2002), por meio do consórcio dessas duas famílias podem-se conciliar proteção e adubação do solo. Estes autores relatam que o conhecimento sobre plantas de cobertura que possam produzir quantidade de matéria seca suficiente para o sistema, e, conseqüentemente, manter ou elevar a fertilidade do solo e a produtividade das culturas comerciais é ainda incipiente, mostrando, portanto, a necessidade de se conhecer o modo correto de aplicação desse sistema, em relação ao cultivo de Poaceas e Fabaceas como plantas de cobertura do solo.

Estudos sobre as características de oito adubos verdes em um Argissolo Vermelho-Amarelo, no município de Viçosa, MG, realizados por Alvarenga et



al. (1995) mostraram que o feijão-guandu foi a espécie vegetal que imobilizou as maiores quantidades de potássio, fósforo e nitrogênio, sendo a imobilização desses dois últimos nutrientes superior às demais Fabaceas. Segundo estes autores, os resultados são devidos, em parte, à capacidade do sistema radicular do feijão-guandu aprofundar-se mais no perfil, explorando maior volume de solo, classificando, portanto, essa espécie de planta de cobertura como a mais promissora, especialmente pelas grandes quantidades de fósforo e potássio imobilizados, que são os nutrientes mais limitantes à produção na maioria das regiões do país.

Os diferentes sistemas de manejo exercem efeitos na formação e estabilização dos agregados de forma diferenciada, dependendo do tipo de cultura e do preparo de solo (SILVA; MIELNICZUK, 1997). Considerando que plantas diferenciam-se entre si sobre a agregação do solo, Amado et al. (2001) constataram que a fitomassa de leguminosas têm potencial para suprir, não só o CO<sub>2</sub>, mas também contribuir para melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo.

### **2.3 Erosão hídrica**

O conhecimento dos fatores envolvidos no processo erosivo apresenta grande importância para o planejamento conservacionista na atividade agrícola e suas interações ambientais (SOUZA et al., 2010). A erosão hídrica é um dos fatores de maior degradação dos solos. Sua ação representa danos econômicos e ambientais, podendo gerar sérios problemas sociais (BARRETO et al., 2010).

A erosão hídrica, fundamentalmente, é o processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo, causado pela água, sendo um dos principais problemas relacionados ao manejo dos solos no país, decorrentes do arraste de solo, água, nutrientes e carbono orgânico a ela associada. As

enxurradas, provenientes da água das chuvas que não ficaram retidas sobre a superfície, ou não se infiltraram, transportam partículas de solo em suspensão e elementos nutritivos essenciais em dissolução.

Segundo Cardoso et al. (2012), em localidades onde a erosividade da chuva é elevada e a superfície do solo se encontra desprovida de cobertura vegetal, pode ocorrer grande degradação com consequentes perdas de solo, água e nutrientes, fatores essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Estes autores afirmam ainda que as plantas de cobertura exercem influência sobre essas perdas; portanto, espera-se que uma espécie com alto índice de cobertura e elevada produtividade de fitomassa propicie maior proteção ao solo, reduzindo o impacto da gota de chuva sobre a superfície do solo e, em consequência, o escoamento superficial e a erosão hídrica.

A adoção de práticas conservacionistas no planejamento agrícola, como o uso de plantas de cobertura que proporcionem uma maior e mais rápida cobertura vegetal do terreno e que, conseqüentemente, reduzam o impacto direto das gotas de chuva sobre a superfície do solo, diminuindo as perdas de solo, água, matéria orgânica e nutrientes por erosão hídrica, assumem um papel fundamental no controle da erosão hídrica e na utilização do solo de forma sustentável, como mostram os estudos de Cogo; Levien e Schwarz, 2003; Bertol et al., 2004; Guadagnin et al., 2005; Silva et al., 2005; Aguiar et al., 2006; Pires et al., 2006; Carvalho et al., 2007; Leite et al., 2009; Castro et al., 2011; Cardoso et al., 2012.

A perda de solo por erosão hídrica pode ser influenciada quantitativamente pela intensificação do uso e manejo do solo, sendo que a maioria das operações agrícolas utilizadas atualmente revolve e expõe superfície do solo à ação das chuvas (SOUZA et al., 2010). O processo erosivo, impulsionado pelo escoamento superficial, além de carrear partículas de solo, leva consigo sedimentos enriquecidos em matéria orgânica e nutrientes de

plantas e outras partículas finas, que são as frações mais reativas do solo (SILVA et al., 2005; BARROS et al., 2009), reforçando a necessidade de estudos desta natureza.

A cobertura e o manejo do solo para uma cultura, em determinado sistema de manejo e local específicos, representam seu efeito conjunto na redução da erosão hídrica (BARRETO et al., 2010). A cobertura vegetal proporcionada pela cultura atua na redução dos efeitos danosos da erosão, diminuindo a força de impacto das gotas de chuva, desestruturação do solo, selamento superficial e velocidade das enxurradas, assim, qualquer mudança na cobertura vegetal afetará diretamente a taxa de escoamento superficial (SANTOS et al., 2000). Nos modelos de estimativas de perdas de solo, o efeito da cobertura vegetal na interceptação da energia cinética da chuva é variável chave na modelagem do processo erosivo. Sendo que nas áreas tropicais a erosão provocada pelo impacto das gotas de chuva é o primeiro fator responsável pelo início do processo erosivo, e quanto maior for a proporção da interceptação pelas folhas, menor será a taxa de erosão (STOCKING, 1985). Foi observado por Amado, Cogo e Levien (1989), que uma cobertura de 20% do solo com resíduos vegetais concorre para reduzir as perdas de solo em aproximadamente 50% em relação ao solo descoberto, para resíduos uniformemente distribuídos.

Além disso, a vegetação e os resíduos vegetais funcionam como obstáculos ao escoamento de excedentes hídricos, reduzindo o volume e a velocidade da enxurrada (MARTINS et al., 2010). Todos estes fatores contribuem para reduzir as perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico por escoamento superficial.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A degradação de um solo é resultante, principalmente, de seu manejo inadequado, com reflexos nas baixas produtividades das culturas. O preparo de solo e as espécies vegetais utilizadas têm expressivo efeito na qualidade física e química do solo. Estas culturas devem apresentar crescimento inicial rápido, alto índice de cobertura do solo, alta produtividade de fitomassa, que são características necessárias para que as espécies vegetais possam proteger a superfície do solo dos impactos causados pelas gotas de chuva, diminuindo assim as perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico, causadas pelo escoamento superficial, no tocante à erosão hídrica.

Neste sentido, sistemas de cultivo eficientes visando à diminuição do processo erosivo do solo e recuperação de suas características físicas e químicas são buscados regionalmente, dos quais um dos promissores consiste no uso de plantas de cobertura do solo com potencial de proteção. Dessa forma, pesquisas com espécies de Poaceae e Fabaceae para uso nas condições edafoclimáticas do sul de Minas Gerais ainda são restritas, fazendo-se necessário ampliá-las na busca por espécies adaptadas à região, com grande capacidade de sobrevivência nos períodos críticos e com potencial para contribuir com maior eficácia na proteção e regeneração da qualidade do solo.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, M. I.; MAIA, S. M. F.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S.; ARAÚJO FILHO, J. A. Perdas de solo, água e nutrientes em sistemas agroflorestais no município de Sobral, CE. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 37, n. 3, p. 270-278, Jul./Set. 2006.
- ALBUQUERQUE, J. A.; ARGENTON, J.; BAYER, C.; WILDNER, L. P.; KUNTZE, M. A. G. Relação de atributos do solo com a agregação de um Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de verão para cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 415-424, Maio/Jun. 2005.
- ALCÂNTARA, F. A.; FURTINI NETO, A. E.; DE PAULA, M. B.; MESQUITA, H. A.; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 277-288, Fev. 2000.
- ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M.; 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, Fev. 1995.
- AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 189-197, Jan./Fev. 2001.
- AMADO, T. J. C.; COGO, N.; 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**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 251-257, Mar./Abr. 1989.
- ARGENTON, J.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; WILDNER, L. P. Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 425-435, Maio/Jun. 2005.

BARRETO, V. C. M.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; OLIVEIRA, F. P.; REZENDE, P. M.; FURTADO, D. F. Índice de cobertura vegetal e sua modelagem para cultivares de soja no sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 5, p. 1168-1175, Set./Out. 2010.

BARROS, L. S.; VALE JR., J. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; JÚNIOR, M. M. Perdas de solo e água em plantio de *Acacia mangium* wild e savana em Roraima, norte da Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 2, p 447-454, Mar./Abr. 2009.

BERTOL, I.; COGO, N. P.; SCHICK, J.; GUADAGNIN, J. C.; AMARAL, A. J. Aspectos financeiros relacionados às perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 1, p.133-142, Jan./Fev. 2007.

BERTOL, I.; GUADAGNIN, J. C.; CASSOL, P. C.; AMARAL, A. J.; BARBOSA, F. T. Perdas de fósforo e potássio por erosão hídrica em um Inceptisol sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 485-494, Jan./Fev. 2004.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1999. 355p.

BOER, C. A.; ASSIS, R. L. de; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. de L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 9, p.1269-1276, Set. 2007.

BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M. da; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. Acumulação de nutrientes em folhas de milho e dos capins braquiária e mombaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 34, n. 2, p. 83-87, Maio/Ago. 2004.

CARDOSO, D. P. **Desempenho de plantas de cobertura no controle da erosão hídrica no Sul de Minas Gerais**. 2009. 100 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

CARDOSO, D. P.; SILVA, M. L. N.; CARVALHO, G. J.; FREITAS, D. A. F.; AVANZI, J. C. Plantas de cobertura no controle das perdas de solo, água e nutrientes por erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 6, p. 632–638, Jun. 2012.

CARVALHO, M. A. C.; SORATTO, R. P.; ALVES, M. C.; ARF, O.; SÁ, M. E. Plantas de cobertura, sucessão de culturas e manejo do solo em feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 659-668, Out./Dez. 2007.

CASTRO, N. E. A.; SILVA, M. L. N.; FREITAS, D. A. F.; CARVALO, G. J.; MARQUES, R. M.; GONTIJO NETO, G. F. Plantas de cobertura no controle da erosão hídrica sob chuvas naturais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 5, p. 775-785, Sept./Oct. 2011.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 743-753, Jul./Ago. 2003.

GUADAGNIN, J. C.; BERTOL, I.; CASSOL, P. C.; AMARAL, A. J. Perdas de solo, água e nitrogênio por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 277-286, Maio/Abr. 2005.

LEITE, M. H. S.; COUTO, E. G.; AMORIM, S. S. A.; COSTA, E. L.; MARASCHIN, L. Perdas de solo e nutrientes num Latossolo Vermelho-Amarelo Ácrico Típico, com diferentes sistemas de preparo e sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 3, p.689-699, Maio/Jun. 2009.

MARTINS, S. G.; SILVA, M. L. N.; AVANZI, J. C.; CURI, N.; FONSECA, S. Fator cobertura e manejo do solo e perdas de solo e água em cultivo de eucalipto e em Mata Atlântica nos Tabuleiros Costeiros do estado do Espírito Santo. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 517-526, Set. 2010.

MARTINS, S. G.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; FONSECA, S.; MARQUES, J. J. G. S. M. Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz (ES). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 395-403, Maio/Jun. 2003.

NASCIMENTO, L. T.; SILVA, I. de F. da; SANTIAGO, R. D.; SILVA NETO, L. de F. da. Efeito de leguminosas nos atributos físicos e carbono orgânico de um Luvissole. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 825-831, Set./Out. 2005.

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

PIRES, L. S.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; LEITE, F. P.; BRITO, L. F. Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto na região centro-leste de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 687-695, Abr. 2006.

SANTOS, C. A. G.; SUZUKI, K.; WATANABE, M.; SRINIVASAN, V. S. Influência do tipo da cobertura vegetal sobre a erosão no semi-árido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 92-96, Jan./Abr. 2000.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 113-117, Jan./Fev. 1997.

SILVA, M. L. N.; BLANCANEUX, P.; CURI, N.; LIMA, J. M.; MARQUES, J. J. G. S. M.; CARVALHO, A. M. Estabilidade e resistência de agregados de um Latossolo Vermelho-Escuro cultivado com sucessão milho-adubo verde. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 1, p. 97-103, Jan. 1998.

SILVA, A. M. da; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; LIMA, J. M. de; AVANZI, J. C.; FERREIRA, M. M. Perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico em Cambissolo e Latossolo sob chuva natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 12, p. 1223-1230, Dez. 2005.

SOUZA, F. S.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; AVANZI, J. C.; VON PINHO, R. G.; LIMA, G. C. Índice de cobertura vegetal pela cultura do milho no período de chuvas intensas no sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 345-351, Mar./Abr. 2010.

SOUSA NETO, E. L.; ANDRIOLI, I.; A. N.; CENTURION, J. F. Atributos físicos do solo e produtividade de milho em resposta a culturas de pré-safra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 2, p. 255-260, Fev. 2008.

SOUZA, K. B.; PEDROTTI, A.; RESENDE, S. C.; SANTOS, H. M. T.; MENEZES, M. M. G.; SANTOS, L. A. M. Importância de novas espécies de plantas de cobertura do solo para os tabuleiros costeiros. **Revista FAPES**, Aracaju, v. 4, n. 2, p. 131-140, Jul./Dez. 2008.



**STOCKING, M. A. Modelagem de perdas de solo: sugestões para uma aproximação brasileira. Brasília: PNUD, 1985. 92 p.**

## SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

### ARTIGO 1

#### ATRIBUTOS FITOTÉCNICOS DE PLANTAS DE COBERTURA UTILIZADAS NO CONTROLE DA EROÇÃO HÍDRICA DO SOLO

Normas da Revista Brasileira de Ciências Agrárias (versão preliminar)

Adriana C. Dias, Marx L. N. Silva, Nilton Curi, Diego A. de F. Freitas, Rodrigo M. Marques e Gabriel J. de Carvalho

#### Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a relação entre os atributos fitotécnicos e a cobertura do solo sob o plantio de feijão-guandu, feijão-de-porco e milho, em dois sistemas de manejo (nível e desnível), no Sul de Minas Gerais. Também se objetivou estimar o fator cobertura e manejo do solo (fator C), bem como o fator práticas conservacionistas (fator P) para as espécies vegetais e manejos acima citados. O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Lavras, em Lavras, MG, em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura argilosa, no período referente a dezembro de 2010 até março de 2011. O feijão-de-porco foi a planta que apresentou o maior índice médio de cobertura do solo, o maior teor de massa fresca e seca e a menor altura de plantas, conferindo ao solo uma maior proteção. O milho foi a espécie vegetal menos eficiente na proteção do solo, apresentando o menor índice médio de cobertura do solo e juntamente com o feijão-guandu apresentou os maiores valores de altura de plantas. O valor do fator C determinado para a cultura do feijão-guandu, feijão-de-porco e milho foram respectivamente 0,482; 0,427 e 0,571. O valor do fator P para as espécies vegetais plantadas em nível foi de 0,70.

**Palavras-chave:** Fabaceae, Poaceae, índice de cobertura, sistemas de manejo.

## Summary

The objective of this study was evaluating the relationship between performance properties and soil cover under the planting of pigeon-pea, jack bean (pig-bean) and millet under two management systems (contour and up and downslope planting) in the South of Minas Gerais. It was also intended to determine the factor soil cover and management (factor C) as well as the factor conservation practices (factor P) for the plant species and managements above cited. The experiment was conducted at the Federal University of Lavras, in Lavras, MG, on a Dystrophic Red Yellow Podzolic, clayey texture, in the period concerning December of 2010 to March of 2011. The jack bean was the plant which presented the greatest average soil cover index, the greatest fresh and dry matter content and shortest plant height, conferring a greater protection to soil. The millet was the plant species the least efficient in soil-protecting, presenting the lowest average soil cover index and together the pig pea presented the highest values of plant height. The value of the factor C determined for the crop of pigeon pea, jack bean (pig bean) and millet were, respectively, 0.482; 0.427 and 0.571. The value of the factor C for the plant species contour-planted was of 0.70.

**Keywords:** Fabaceae, Poaceae, cover index, management systems.

## INTRODUÇÃO

A agricultura é considerada uma das mais antigas atividades antrópicas e a que mais provoca alterações na paisagem natural e, consecutivamente, maiores distúrbios no solo, principalmente em áreas de relevo suave ondulado a ondulado. Nestas áreas, a diminuição do potencial produtivo dos solos, principalmente nas regiões tropicais e subtropicais, está ligada a erosão hídrica e ao esgotamento da matéria orgânica do solo (Marcante et al., 2011).

A erosão consiste nos processos de desprendimento, arraste e deposição de partículas do solo, causados pelas ações da água e do vento, sendo a hídrica a mais importante forma para os solos brasileiros (Lessa et al., 2007). A necessidade de se determinar uma metodologia capaz de avaliar com precisão os fatores que causam a erosão e a estimativa das perdas de solo ocasionadas por tal ocorrência, tem resultado num grande número de pesquisas (Wischmeier & Smith, 1978; Nearing et al., 1990 e Owoputi & Stolte, 1995; Albuquerque et al., 2005; Martins et al., 2010). A Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) é uma das metodologias mais utilizadas, visto que permite a previsão das perdas de solo causadas pela erosão, e indica quais os fatores que exercem os maiores e/ou menores efeitos sobre as perdas de solo. De acordo com Foster (1982), a vegetação ou cobertura do solo é o fator isolado mais determinante na erosão hídrica. Dentre os fatores utilizados na EUPS, o fator uso e manejo do solo (fator C) e o fator práticas conservacionistas (fator P) são os mais passíveis de manejo e indicam boas possibilidades de controle das perdas de solo, através de práticas simples e de fácil execução, como o plantio de espécies vegetais e o preparo do solo em nível. Segundo Barreto et al. (2010), o conhecimento do potencial de cobertura do solo oferecido pela cultura, bem como a época do ano em que os riscos de erosão são mais eminentes, é de fundamental importância para o planejamento das atividades de uso e manejo do solo.

As plantas utilizadas na cobertura do solo influenciam na redução da erosão hídrica de acordo com a sua rapidez e eficiência na cobertura do solo, características morfológicas das folhas (tamanho e ângulo de disposição em relação ao colmo), cobertura do solo pelas copas, desenvolvimento das raízes, hábito de crescimento, além do resíduo cultural deixado na superfície, entre outras. Uma vez que nenhuma espécie apresenta todas as qualidades desejáveis para uma excelente proteção do solo, opta-se por aquelas que apresentem ao menos uma boa parte destas características (Osterroht, 2002).

Estudos sobre a eficiência da cobertura vegetal, quantificados pelo índice de cobertura vegetal (IC), estão sendo realizados na região Sul do Estado de Minas Gerais. Souza et al. (2010) avaliando a eficiência da cobertura vegetal, proporcionada pela cultura do milho, e suas relações com os atributos fitotécnicos desta cultura para alguns híbridos, em Lavras, MG, concluíram que os maiores índices de cobertura vegetal dos híbridos de milho, proporcionam boa qualidade a essa cultura como planta protetora do solo. Esses autores também afirmam que a produção de massa seca relacionou-se bem com o índice de cobertura vegetal, e melhorou os atributos utilizados para estimar a proteção à erosão podendo ser um indicativo quanto à proteção do solo. Barreto et al. (2010) determinando o índice de cobertura vegetal (IC) para a cultura da soja, usando os atributos climáticos no período de chuvas intensas no Sul de Minas Gerais concluíram que a determinação do IC nas diferentes fases de desenvolvimento da cultura é de grande importância, uma vez que seu estabelecimento coincide com o período de maior potencial erosivo das chuvas na região estudada.

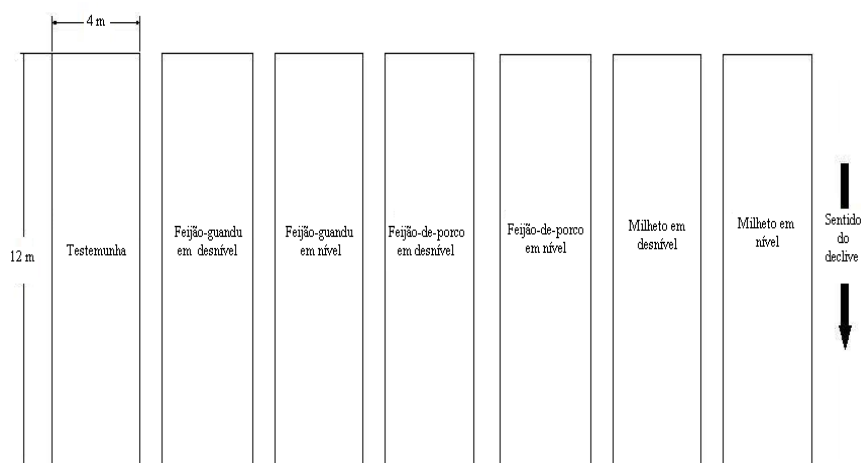
Dentre as plantas de cobertura adaptadas às condições climáticas e ao solo dessa região, destacam-se espécies da família Fabaceae e espécies da família Poaceae, como mostram os estudos desenvolvidos por Cardoso et al. (2012). Entretanto, para esta região, há poucos estudos sobre o potencial das

plantas de cobertura no controle da erosão hídrica, de seus aspectos fitotécnicos e manejo. Deste modo, objetivou-se com este estudo avaliar a relação entre os atributos fitotécnicos e a cobertura do solo, bem como determinar o fator C e o fator P de três espécies de plantas de cobertura: feijão-de-porco, feijão-guandu e milho, em duas disposições de plantio (nível e desnível).

## MATERIAL E MÉTODOS

Os estudos foram realizados em área experimental da Universidade Federal de Lavras – UFLA, MG localizada nas coordenadas geográficas de 21°13'20'' de latitude sul, 44°58'17'' de longitude oeste, com 925 m de altitude. O clima é classificado como Cwa- subtropical de inverno seco e verão quente, segundo classificação climática de Köppen, com precipitação média anual de 1.529,7 mm e temperatura média anual de 19,4 °C. O solo estudado foi classificado como um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2006), textura superficial e subsuperficial argilosas e relevo ondulado com declividade de 12%.

No campo foram instaladas sete parcelas experimentais, sendo seis delas cultivadas com plantas de cobertura: milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Brown); feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC) e feijão-guandú (*Cajanus cajan* (L.) Millsp), em dois arranjos de cultivo: em nível e em desnível do sentido do declive, além de uma parcela descoberta, utilizada como testemunha (Figura 1). Cada parcela ocupou uma área de 48 m<sup>2</sup> (4 x 12 m).



**Figura 1:** Esquema das parcelas experimentais no campo  
**Figura 1:** Outline of the experimental plots in the field

As plantas de cobertura foram semeadas no final de novembro de 2010, com espaçamento entre as linhas de plantio de 0,5 m nos dois arranjos, com densidade de plantio de acordo com as recomendações técnicas para cada espécie. Foi realizada uma capina anterior ao plantio e retirados todos os resíduos da vegetação anterior. Não foi utilizada nenhuma forma de fertilização, inoculação de *Rhizobium* e controle de pragas e doenças nas parcelas.

As avaliações de altura das plantas e cobertura vegetal iniciaram-se no início do mês de dezembro de 2010, e estenderam-se até o final do mês de março de 2011. A altura das plantas foi medida com a utilização de trena, onde foi observada a média de 10 plantas por parcela. Nas datas onde foram avaliadas as alturas médias das plantas, também foram avaliadas a cobertura vegetal destas.

Para a determinação do IC adotou-se a metodologia descrita por Stocking (1988), através da utilização de um aparato com 19 orifícios de 9 mm de diâmetro cada, espaçados 10 cm entre cada um e dispostos em uma régua com 2,0 m de comprimento e de 1,20 m de altura do solo. As leituras foram realizadas de formas aleatórias e diagonais às linhas de plantio, em três repetições por parcela, atribuindo-se valores às leituras realizadas: quando o solo observado é desnudo ou apenas com restos de vegetação, registra-se “0”. Caso o campo de visão seja parcialmente coberto por vegetação, registra-se “0,5”. E se é avistada vegetação, registra-se “1”. As leituras foram realizadas transversalmente às linhas de plantio e de forma aleatória nas parcelas das plantas de cobertura. Para a determinação da porcentagem da IC (%) foi utilizada a seguinte equação:

$$\text{IC (\%)} = \frac{\text{Soma das leituras lidas}}{\text{número de leituras}} \times 100$$



Para a determinação do índice de cobertura vegetal (IC), utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com três repetições por parcela. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e quando significativos, utilizou-se o teste de médias segundo Scott-Knott (1974) com o auxílio do sistema computacional SISVAR, desenvolvido por Ferreira<sup>®</sup> (2000) ao nível de significância de 0,05, para comparar os tratamentos.

Para a determinação da densidade de plantio, fez-se a contagem de 3 stands de plantas por parcela (1 stand = 1 linha de 1 m), totalizando 3 metros lineares por parcela. Posteriormente calculou-se o número de plantas ha<sup>-1</sup>, com base no espaçamento de plantio.

Para quantificar a massa verde, utilizou-se de uma lona de 3 m<sup>2</sup> que foi colocada aleatoriamente sobre as plantas de cobertura, em cada parcela. As extremidades da lona foram marcadas na área, onde cortaram-se, à altura do coleto, todas as plantas situadas dentro dessa área, e posteriormente calculou-se a produtividade de massa fresca. Para determinação da massa seca, pesaram-se 500 g da massa verde, os quais foram desidratados em estufa de circulação forçada a 65°C, até obter estabilidade do peso, determinando, assim, a produtividade de matéria seca.

Para o cálculo do fator C e P, foram realizadas avaliações das perdas de solo, sob chuva natural, em cada parcela, segundo metodologia descrita por Cogo (1978 a,b).

Para a determinação da erosividade, foi utilizada a metodologia proposta por Wischmeier e Smith (1958), referentes ao período de dezembro de 2010 a março de 2011, obtidos na Estação Climatológica Principal de Lavras e são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Valores mensais, totais da erosividade no período referente à dezembro de 2010 a março de 2011, no município de Lavras, MG.

*Table 1. Monthly and total values of erosivity in the period concerning December of 2010 to March of 2011 in the municipality of Lavras, MG.*

Mês/ano	Erosividade (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> mês <sup>-1</sup> )
Dezembro/2010	3.515,25
Janeiro/2011	2.074,84
Fevereiro/2011	649,17
Março/2011	1.078,82
Total	7.318,08

Os dados gerados nas parcelas de perdas de solo foram utilizados para estabelecer a razão de perdas de solo (RPS) em cada estágio da cultura das diferentes espécies vegetais. A RPS foi utilizada para a determinação do fator cobertura e manejo do solo (fator C) e do fator práticas conservacionistas (fator P), sendo estimada segundo Wischmeier e Smith (1978).

Os valores do fator C para cada espécie vegetal foram obtidos com o produto dos valores das RPS, de cada estágio da cultura, pelos valores correspondentes à erosividade de cada estágio, segundo equação proposta por Wischmeier e Smith (1978). Os valores do fator práticas conservacionistas (P) foram determinados através da relação entre as perdas médias de solo verificadas nos tratamentos cultivados em nível e em desnível, respectivamente, através da metodologia proposta por Wischmeier e Smith (1978).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se na Tabela 2 que as plantas de cobertura apresentaram crescimento diversificado, sendo que, de modo geral, o sistema de plantio, em nível ou desnível, apresentou reduzida influência no crescimento de cada espécie de planta de cobertura até os 115 dias após a semeadura (DAS). Até o 20° DAS, o feijão-guandu e o feijão-de-porco apresentaram crescimento vegetativo semelhante e superiores ao do milheto. Do 29° DAS até o 74° DAS, o feijão-de-porco se destacou como a espécie vegetal com o maior índice de cobertura vegetal (IC). Dos 74 aos 80 DAS as três espécies vegetais se encontravam estabelecidas e em pleno desenvolvimento vegetativo, apresentando eficiência semelhante na proteção oferecida ao solo. Aos 115 DAS, o feijão-guandu apresentou o maior IC, devido ao fato dessa espécie vegetal possuir ciclo mais longo que as demais espécies, não sendo verificado, portanto, seu período de senescência.

No decorrer dos 115 dias de avaliação das plantas de cobertura, o feijão-de-porco foi a planta que obteve o maior IC médio, sendo esta a cultura que mais protegeu a superfície do solo da ação erosiva das chuvas, seguido pelo feijão-guandu e milheto. A superioridade no IC apresentada pelo feijão-guandu, no final do ciclo, faz com que esta cultura seja menos eficiente no controle dos danos causados pela erosão hídrica quando comparado ao feijão-de-porco. O hábito de crescimento das espécies vegetais ajuda a explicar a maior eficiência na cobertura do solo pelo feijão-de-porco, já que esta planta apresenta hábito de crescimento prostrado sobre a superfície do solo, ao contrario do feijão-guandu e milheto que apresentam porte ereto. A superioridade no controle dos processos erosivos apresentada pelo feijão-guandu, em relação ao milheto, pode ser explicada pela disposição das folhas dessas duas espécies: o feijão-guandu possui muitas folhas ramificadas lateralmente, protegendo mais a superfície do

solo, ao contrário do milheto, cujas suas folhas são pouco ramificadas lateralmente, apresentando por este aspecto reduzida proteção.

Alvarenga et al. (1995), concluíram em seu trabalho que o feijão-de-porco destacou-se quanto a velocidade inicial de crescimento e a porcentagem de cobertura do solo. Castro et al (2011) afirmam ainda que o IC está diretamente relacionado com o desenvolvimento da planta e que estas devem proteger o solo desde o início do ciclo, sendo que o feijão-de-porco se destaca das demais plantas de cobertura por apresentar um rápido desenvolvimento inicial, semelhante ao encontrado no presente estudo.

Os menores valores médios do IC observados no milheto, além de estarem relacionados ao porte característico da cultura e à disposição de suas folhas, podem ser também explicados pelo fato do milheto ter apresentado crescimento inicial mais lento, como verificado até os 41 DAS.

**Tabela 2.** Valores de índice de cobertura (IC) das plantas de cobertura nos dias após a semeadura (DAS)

*Table 2. Values of cover-management index cover crops in the days after seeding*

IC (%)	DAS							Média
	0	20	29	41	74	80	115	
FGd	0	14,91a	14,91b	21,93b	50,00a	54,39a	71,05a	32,46
FGn	0	13,16a	21,05b	23,68b	51,75a	40,25a	76,26a	32,33
FPd	0	19,30a	37,72a	36,84a	65,79a	53,51a	54,39b	37,48
FPn	0	11,40a	28,87a	35,09a	63,16a	52,63a	50,00b	34,83
Md	0	5,26 b	12,28b	11,40b	28,45b	29,82b	25,44c	18,43
Mn	0	7,02 b	14,04b	16,67b	46,49a	45,61a	30,70c	22,37
CV (%)	-	30,55	26,47	34,1	23,54	17,81	23,33	-
DP	-	2,09	3,26	4,78	6,92	4,87	6,83	-

As médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade; FGd= Feijão-guandu em desnível; FGn= Feijão-guandu em nível; FPd= Feijão-de-porco em desnível; FPn= Feijão-de-porco em nível; Md= Milheto em desnível; Mn= Milheto em nível; CV= Coeficiente de Variação; DP= Desvio Padrão.

Lopes et al. (1987) destacam que plantas com IC acima dos 30% podem ser consideradas com boa eficácia na redução das perdas de solo por erosão hídrica; desta forma, como o milheto apresentou índice médio de cobertura do solo abaixo de 30%, essa cultura não foi considerada como boa protetora do solo.

Castro et al. (2011), ao avaliar o IC de feijão-guandu, feijão-de-porco, crotalária e milheto, obteve os menores valores médios de índice de cobertura nas áreas cultivadas com milheto (39,43%), porém como os valores de IC obtidos em seus estudos ficaram acima dos 30%, os autores concluíram que estas plantas apresentam boa proteção do solo, sendo esta a principal característica destas plantas, pois produzem elevada quantidade de fitomassa com capacidade de proteger o solo contra o impacto das gotas de chuva, divergindo dos resultados encontrados no presente estudo.

Os resultados observados em relação ao baixo IC do milheto, estão de acordo com os resultados obtidos por Sodré Filho et al (2004), que observaram que o crescimento do milheto nos primeiros 30 DAS foi lento. Resultados contrários ao do presente estudo foram obtidos por Cardoso (2009) ao avaliar os atributos fitotécnicos de três plantas de cobertura, nos espaçamentos de 0,25 e 0,50 cm, na região sul do estado de Minas Gerais, onde o autor observou que o milheto apresentou um alto índice de cobertura do solo nos primeiros 31 dias, que variou próximo de 40%, independentemente do espaçamento utilizado, sendo esta uma característica desejável quando o objetivo é a proteção do solo. No caso dessa espécie, uma alternativa para aumentar a proteção do solo seria diminuir a distância entre as linhas, de forma a adensar as plantas e permitir maior porcentagem de cobertura do solo. Derspch & Calegari (1992) recomendam o espaçamento reduzido quando o objetivo for a cobertura rápida do solo e a produção de fitomassa.

Contudo, mesmo apresentando menor índice de cobertura, as gramíneas têm sido mais utilizadas como plantas de cobertura para as condições edafoclimáticas do Cerrado, com destaque para o milheto, graças à sua maior resistência às deficiências hídricas (Lara Cabezas et al., 2004), menor custo das sementes, menor decomposição e alta capacidade de absorção de nutrientes (Marcante et al., 2011), comparado às leguminosas, mesmo sob elevadas temperaturas associadas à alta umidade no verão (Sousa e Lobato, 2003).

Embora o milheto tenha apresentado o menor IC do solo, essa cultura apresentou um bom crescimento em altura, devido ao porte ereto característico dessa cultura, assim como o feijão-guandu. (Tabela 3).

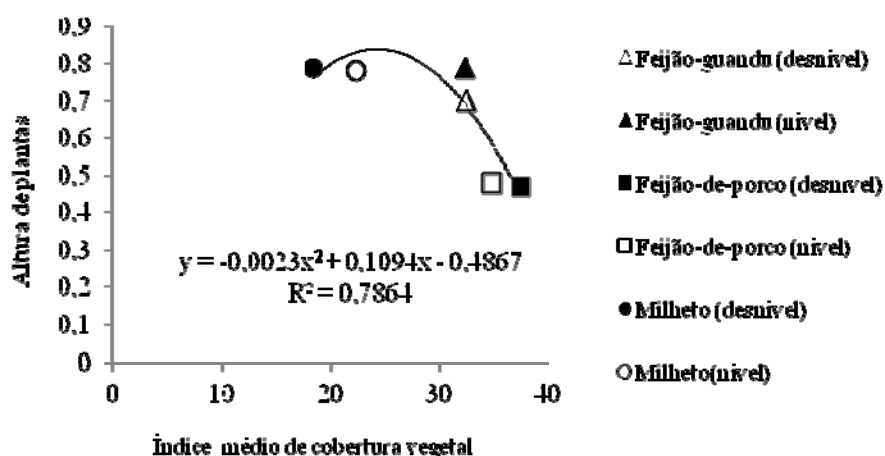
**Tabela 3.** Valores de alturas das plantas de cobertura, em metros, nos dias após a semeadura (DAS)

*Table 3. Values cover crops height, in meters, in the days after seeding*

Altura	DAS							Média
	0	20	29	41	74	80	115	
FGd	0	0,15a	0,17 a	1,27 a	0,86 a	0,96 b	1,48 a	0,70
FGn	0	0,13a	0,16 a	1,61 a	0,99 a	1,08 b	1,56 a	0,79
FPd	0	0,10b	0,15 a	1,38 a	0,53 b	0,52 c	0,59 b	0,47
FPn	0	0,11b	0,15 a	1,39 a	0,54 b	0,54 c	0,60 b	0,48
Md	0	0,10b	0,13 b	1,67 a	0,95 a	1,10 b	1,59 a	0,79
Mn	0	0,09b	0,12 b	1,47 a	0,96 a	1,28 a	1,54 a	0,78
CV (%)	-	23,75	17,71	25,33	21,73	24,94	20,54	-
DP	-	0,86	0,83	1,17	5,53	7,20	7,98	-

As médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade; FGd= Feijão-guandu em desnível; FGn= Feijão-guandu em nível; FPd= Feijão-de-porco em desnível; FPn= Feijão-de-porco em nível; Md= Milheto em desnível; Mn= Milheto em nível; CV= Coeficiente de Variação; DP= Desvio Padrão.

A relação entre o IC e a altura de plantas está apresentada na Figura 2. Pode-se observar que o milho e o feijão-guandu, que apresentaram crescimento em altura semelhante, possuíram diferentes IC, enquanto o feijão-de-porco, que foi a cultura que apresentou o menor crescimento em altura, foi a planta com maior índice médio de cobertura do solo, o que pode ser explicado principalmente pelo hábito de crescimento rasteiro característico dessa espécie, que oferece maior proteção ao solo.



**Figura 2.** Relação entre índice médio de cobertura vegetal e altura das plantas de cobertura.

*Figure 2.* Relationship between average plant cover index and height of the cover plants.

Uma característica que vem sendo bem relacionada ao índice de cobertura vegetal das plantas de cobertura é a produtividade de fitomassa, avaliada pela massa fresca e massa seca. Amado et al. (2002) classificam as plantas de cobertura conforme sua produção de fitomassa, sendo o feijão-guandu e o milho classificadas como de baixa produção. Na Tabela 4 são apresentadas as produtividades de fitomassa das três espécies vegetais, onde podemos

observar a superioridade de produção de massa fresca e massa verde apresentada pelo feijão-de-porco, em relação ao feijão-guandu e milheto, que apresentaram produtividade de fitomassa inferiores. Segundo Allmaras & Dowby (1985) e Derpsch et al. (1991) a produtividade de massa seca acima de  $6 \text{ ton ha}^{-1}$  é considerado com um bom índice. Este fato contribui para explicarmos a razão da superioridade do feijão-de-porco na proteção oferecida ao solo. Sodré Filho et al. (2004) ao avaliar a produção de biomassa e cobertura do solo de diferentes espécies nas condições de Cerrado, também observaram que os menores valores médios de massa seca foram apresentados pelo feijão-guandu e pelo milheto.

Cardoso et al. (2009) ao avaliar o índice de cobertura do solo, as produtividade de massa seca e massa verde em três espécies de plantas de cobertura, de forma análoga ao presente trabalho, concluiu que o feijão-de-porco apresentou as maiores produtividades de massa fresca e massa seca, propiciando assim uma melhor proteção ao solo, sendo esta a espécie que mais se adequou às condições climáticas da região de Lavras, MG, quanto à diminuição dos impactos da erosão hídrica. Segundo Alvarenga et al. (1995), a produção de biomassa é uma característica reconhecida das Fabaceas utilizadas como plantas de cobertura; entretanto, existe uma grande variação nessa produção, conforme as condições nas quais as culturas de desenvolvem.

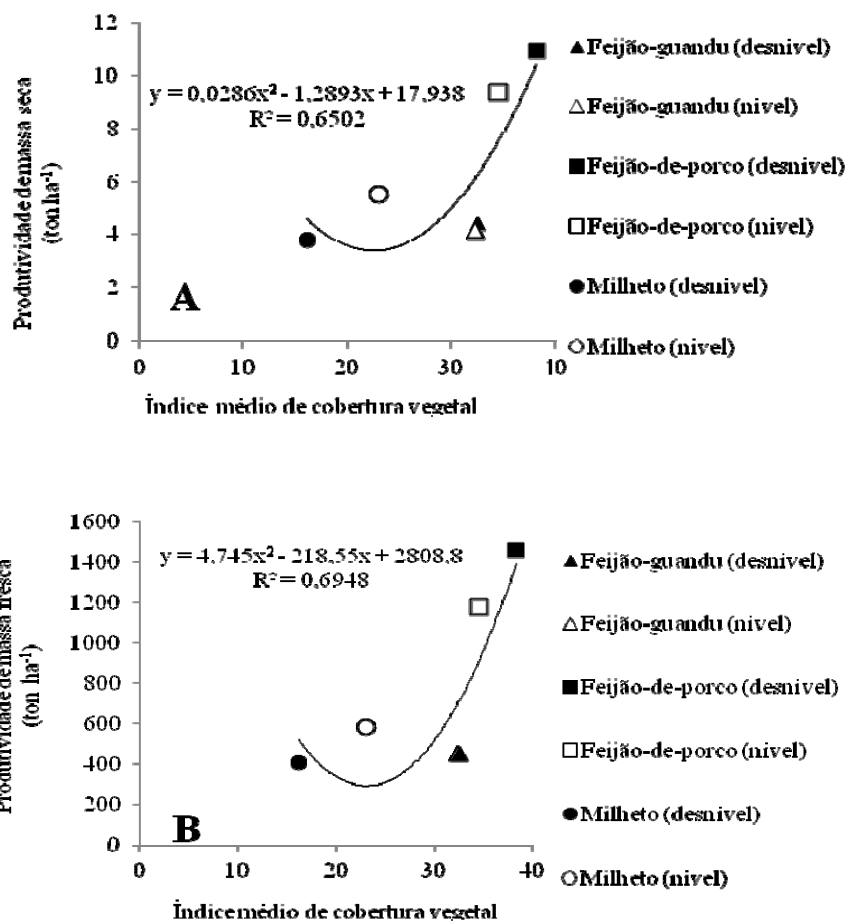


**Tabela 4.** Produtividade de massa fresca e massa seca das plantas de cobertura vegetal, nos dois sistemas de manejo

**Table 4.** Fresh matter production and dry matter of the cover crops, in two management systems

Tratamentos	Disposição de plantio	Massa Fresca	Massa Seca
		.....t ha <sup>-1</sup> .....	
	Nível	14,91	4,46
Feijão-guandu	Desnível	15,07	4,17
	Nível	48,51	10,94
Feijão-de-porco	Desnível	39,25	9,36
	Nível	13,64	3,79
Milheto	Desnível	19,48	5,53

Na Figura 3, podemos observar que quanto maior for a produtividade de massa fresca e de massa seca apresentada pelas espécies vegetais estudadas, maior será o índice médio de cobertura vegetal. Pela equação polinomial de 2º grau, do índice médio de cobertura vegetal versus massa fresca, o valor máximo de IC que o feijão de porco em desnível proporciona é de 37,93%. O valor de IC de 37,70% é apresentado quando se utiliza a equação do índice médio de cobertura vegetal versus massa seca. Dessa forma, ao se utilizar os valores de massa fresca e massa seca apresentados na Tabela 4 nas equações da Figura 3, poder-se-ia estabelecer o IC máximo apresentada pelas diferentes espécies vegetais e sistemas de manejo.



**Figura 3.** Relação entre índice de cobertura vegetal médio e atributos fitotécnicos: A- Índice de cobertura versus massa fresca, em t ha<sup>-1</sup>; B- Índice de cobertura versus massa seca, em t ha<sup>-1</sup>

**Figure 3.** Relationship between average cover index and performance properties: A-cover index versus fresh matter in t ha<sup>-1</sup>, B- cover index versus dry matter in t ha<sup>-1</sup>

Para Fernandes et al. (1999), a determinação da população ótima das plantas de cobertura, para produção de fitomassa com fins de incorporação ao solo, é fundamental para a maximização dos efeitos da prática de adubação verde. Apesar do sistema de manejo, em nível ou desnível no terreno, não ter

influenciado significativamente o IC (Tabela 2) e a altura das plantas (Tabela 3), o mesmo não foi verificado quanto à produção de fitomassa (Tabela 4) e à densidade de plantas por hectare (Tabela 5). De modo geral, o plantio das espécies em nível do terreno apresentou menor densidade de plantas por hectare, contudo o IC e a produtividade da fitomassa foram semelhantes ou superiores aos apresentados no plantio em desnível, evidenciando dessa forma a superioridade do plantio das espécies vegetais em nível, visto que são necessárias menos plantas por hectare para atingir os mesmos benefícios trazidos pelo aumento da densidade de plantio.

**Tabela 5.** Valores de densidade de plantas de cobertura, em solo sob feijão de porco, feijão guandú e milheto, em duas disposições de plantio (desnível e nível), em um Argissolo Vermelho-Amarelo, no município de Lavras, MG.

*Table 5. Density values of cover crops on soil under jack bean, pigeon pea and pearl millet in two planting arrangements (height and level), in a Red-Yellow, in Lavras, MG.*

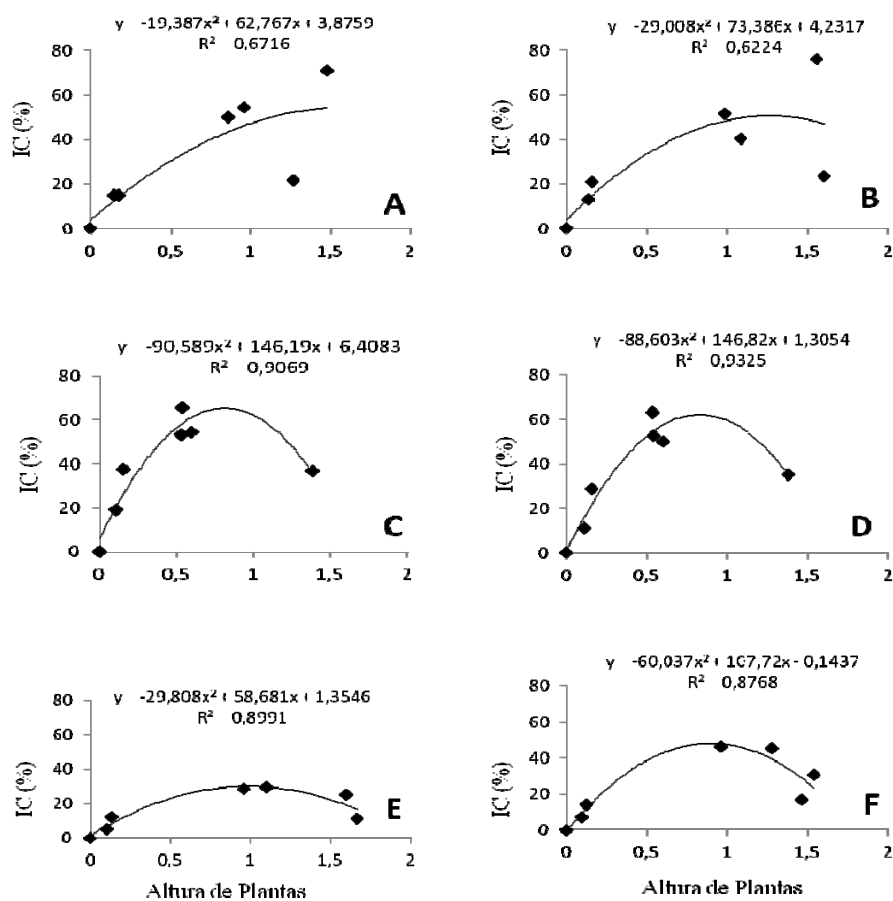
Densidade de plantio	Tratamentos					
	FGd	FGn	FPd	FPn	Md	Mn
Stand	25,33	17,33	5,33	5,00	18,33	10,67
Hectare	506.600	346.600	106.600	100.000	366.600	213.400
CV (%)	50,76	13,32	10,83	20,00	54,64	46,25
DP	7,43	1,33	0,33	0,58	5,78	2,85

FGd= Feijão Guandú em desnível; FGn= Feijão Guandú em nível; FPd= Feijão de porco em desnível; FPn= Feijão de porco em nível; Md= Milheto em desnível; Mn= Milheto em nível; DP - desvio-padrão; CV - coeficiente de variação.

A Figura 4 apresenta a modelagem do índice de cobertura do solo versus a altura das plantas. Pela equação da reta, infere-se que o feijão-guandu em desnível (Figura 4A) propiciou o maior índice médio de cobertura vegetal (54,68%) quando a cultura se encontrava em 1,62 m de altura. Já o feijão-guandu em nível (Figura 4B), teve sua máxima cobertura vegetal (50,65%),

quando o mesmo se apresentava em 1,26 m de altura. O feijão-de-porco, na altura de 0,83 m, apresentou seu maior índice de cobertura vegetal, tanto em desnível (Figura 4C), quanto em nível (Figura 4D), sendo respectivamente 65,36% e 62,13%. O milho em desnível (Figura 4E) apresentou sua máxima cobertura vegetal (30,23%), quando se encontrava com 0,98 m de altura. O milho em nível (Figura 4F), na altura de 0,90 m, apresentou seu máximo índice de cobertura vegetal (48,18%). Para o feijão-guandu em nível (Figura 4B), feijão-de-porco (Figura 2C e 2D) e milho (Figura 4E e 4F), maiores valores de altura de planta correspondem a um decréscimo do índice de cobertura do solo, pois nesta fase as plantas entram em senescência e diminuem a proteção do solo.

No caso do feijão-guandu em desnível (Figura 4A), até a ocasião da última medição do índice de cobertura vegetal e da altura de plantas, ocorrida aos 115 dias após a semeadura, não foi possível verificar a altura máxima, na qual as plantas entram em senescência e decresce seu índice de cobertura vegetal. Segundo Alvarenga et al., (1995), o feijão-guandu mantém uma velocidade de cobertura a partir da metade do ciclo, semelhante à velocidade observada na fase inicial de crescimento, possivelmente em razão de seu ciclo mais longo.



**Figura 4.** Índice de cobertura versus altura de plantas de cobertura: A- feijão-guandu (desnível); B- feijão-guandu (nível); C- feijão-de-porco (desnível); D- feijão-de-porco (nível); E- Milheto (desnível); F- Milheto (nível)

**Figure 4.** Cover crops versus cover crops height: A-pigeon pea (gap), B-pigeon pea (level); C-jack bean (gap), D-jack bean (level); E-Millet (gap), F-Millet (level)

O efeito da cobertura vegetal sobre as perdas médias de solo, referente ao período de dezembro de 2010 à março de 2011, contribuiu para que as mesmas diminuíssem de 7,674 t ha<sup>-1</sup> (parcela mantida com solo descoberto, utilizada como testemunha) para 2,805 t ha<sup>-1</sup> (feijão-de-porco), representando uma redução de 63,448% nas perdas de solo (Tabela 6). Resultados quanto aos benefícios do plantio de espécies vegetais na redução das perdas de solo também foram encontrados por Albuquerque et al. (2005) ao estudar os fatores da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) em condições de chuva natural, num Luvissole de Sumé, PB, onde os autores concluíram que houve 99,43% de redução das perdas de solo quando se usou o tratamento Pousio 2, em comparação com o solo descoberto.

Os resultados apresentados na Tabela 6 indicam um controle eficiente da erosão por parte de cobertura vegetal oferecida principalmente pelo feijão-de-porco, sendo que este apresentou os menores valores de perda de solo (PS) e razão de perda de solo (RPS), seguido pelo feijão-guandu e pelo milho. A maior eficiência na diminuição das perdas de solo apresentada pelo feijão-de-porco está associado principalmente ao hábito de crescimento rasteiro e ramificado lateralmente dessa cultura, formando um “tapete” sobre a superfície do solo, sendo mais eficiente na atenuação dos efeitos do impacto das gotas de chuva sobre o mesmo. O feijão-guandu apresenta hábito de crescimento ereto, com ramificações laterais, sendo menos eficiente no controle da erosão hídrica em comparação ao feijão-de-porco, porém superior ao milho. Mesmo o milho apresentando porte ereto, semelhante ao apresentado pelo feijão-guandu, essa cultura foi menos eficaz na redução das perdas de solo, devido principalmente à disposição de suas folhas, que são pouco ramificadas lateralmente, e ao seu porte ereto.

**Tabela 6.** Valores das perdas médias de solo (PS) e da razão de perdas de solo (RPS) nos diferentes estádios de desenvolvimento das culturas e de uso e manejo do solo

**Table 6.** Values of the average losses of soil (PS) and the ratio of soil loss (RPS) in different stages of crop development and use and soil management

Desenvolvimento das culturas*	PS				RPS			
	SD	FG	FP	M	SD	FG	FP	M
Estádio 1	2,116	1,396	1,126	1,344	-	0,663	0,534	0,638
Estádio 2	0,919	0,328	0,42	0,424	-	0,357	0,457	0,461
Estádio 3	0,151	0,000	0,000	0,089	-	0	0	0,59
Estádio 4	4,497	1,907	1,259	2,480	-	0,424	0,28	0,551
Total	7,674	3,631	2,805	4,337	1,000	1,444	1,271	2,241
Média	1,919	0,908	0,701	1,084	-	0,361	0,318	0,56

Estádio 1- do plantio até 30 dias após o plantio (dezembro); Estádio 2- do fim do estágio 1 até 60 dias após o plantio (janeiro); Estádio 3- do fim do estágio 2 até 90 dias após o plantio (fevereiro); Estádio 4- do fim do estágio 3 até a colheita (março).

Entre os fatores que compõem a Equação Universal de Perda de Solo, o fator cobertura do solo é o mais fácil de ser modificado, reduzindo substancialmente as perdas de solo (Martins et al., 2010). Os valores do fator C para cada espécie vegetal foram obtidos com o produto dos valores das RPS de cada estágio da cultura pelos valores correspondentes à erosividade.

Conceitualmente, o fator C varia de 0 a 1, sendo que melhor é a proteção oferecida ao solo quando esse fator se aproxima do zero. Sendo assim o milho (Tabela 7) proporcionou ao solo reduzida proteção contra a erosão hídrica ( $C = 0,571$ ), enquanto o cultivo de feijão-de-porco e feijão-guandu foram as espécies que ofereceram a maior proteção ao solo ( $C = 0,427$  e  $0,482$ , respectivamente). Este é o primeiro relato no Sul de Minas Gerais deste fator, obtido diretamente de experimento em campo, para as espécies vegetais acima mencionadas. A maior proteção oferecida ao solo foi observada com o cultivo do feijão-de-porco, que além de ter apresentado o maior índice médio de cobertura do solo, avaliado pelo índice de cobertura vegetal, apresenta ainda

produtividade de massa fresca e seca superiores às demais culturas, sendo esta uma característica desejável para plantas de cobertura com vistas à proteção do solo. De acordo com Vásquez-Méndez et al. (2010), para cada centésimos de incremento no fator C há uma redução nas perdas de solo na ordem de 55 kg ha<sup>-1</sup>.

Corroborando com o exposto, Martins et al. (2010) estimando o fator C em floresta de produção de eucalipto, em mata nativa (Mata Atlântica) e em solo preparado convencionalmente e mantido descoberto, na região dos Tabuleiros Costeiros, no período de 7 anos do ciclo da cultura (novembro de 1997 a março de 2004) estimou o fator C, através da equação proposta por Wischmeier e Smith (1978), como sendo 0,30 para eucalipto e 0,02 para Mata Atlântica, sendo este o primeiro relato no Brasil deste fator, obtido diretamente de experimento de longa duração em campo, para os sistemas mencionados. Os autores afirmam que as menores perdas de solo médias foram verificadas no sistema Mata Atlântica, refletindo no bom índice do fator C desse sistema, semelhantemente ao verificado no presente estudo, onde o feijão-de-porco foi mais eficaz na redução das perdas do solo, apresentando menor valor do fator C. Resultados semelhantes foram constatados ainda por Albuquerque et al. (2001) e Beutler et al. (2003). Albuquerque et al. (2005) obteve valores para o fator C variando de 0,0014 a 0,5429 para a caatinga nativa e palma forrageira morro abaixo, respectivamente.

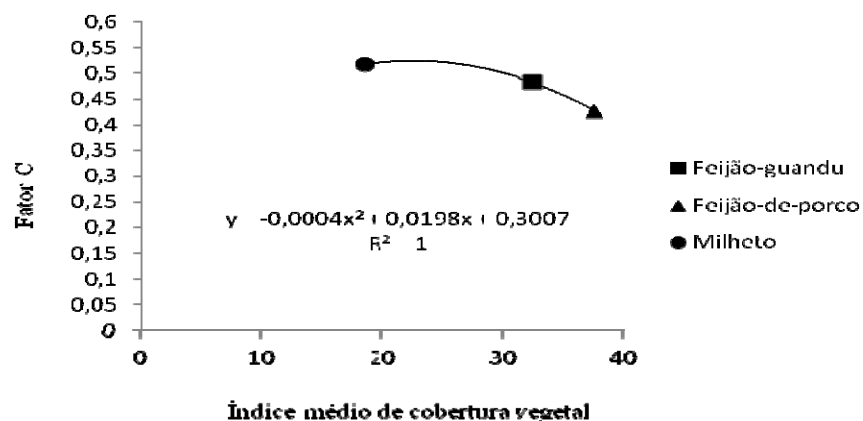


**Tabela 7.** Valores da razão de perdas de solo corrigidos pelo parâmetro erosividade da chuva (EI) e do parâmetro uso e manejo do solo (C)  
**Table 7.** Values of the ratio of soil loss parameter corrected by the rainfall erosivity (EI) and parameter use and soil management (C)

Desenvolvimento das culturas*	Espécies vegetais		
	Feijão-guandu	Feijão-de-porco	Milheto
Estádio 1	0,318	0,257	0,307
Estádio 2	0,101	0,129	0,131
Estádio 3	0,000	0,000	0,052
Estádio 4	0,063	0,041	0,081
Fator C	0,482	0,427	0,571
Média	0,121	0,107	0,143

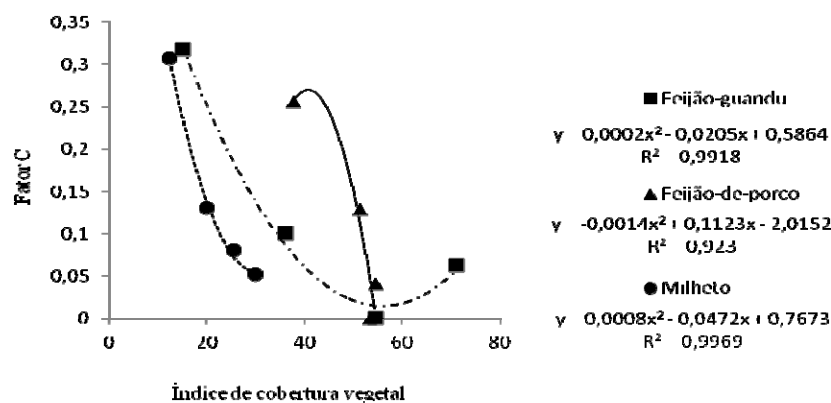
Estádio 1- do plantio até 30 dias após o plantio (dezembro); Estádio 2- do fim do estágio 1 até 60 dias após o plantio (janeiro); Estádio 3- do fim do estágio 2 até 90 dias após o plantio (fevereiro); Estádio 4- do fim do estágio 3 até a colheita (março).

A literatura brasileira é escassa em dados sobre fator C e P em plantas de cobertura, embora tais dados sejam imprescindíveis ao planejamento conservacionista e estudos de modelagem de erosão. No presente estudo podemos afirmar que quanto maior o índice médio de cobertura vegetal proporcionado pelas diferentes espécies vegetais ao solo, menor é o fator C (Figura 5).



**Figura 5.** Relação entre índice de cobertura vegetal médio e fator C médio  
*Figure 5. Relationship between average plant cover index and average C factor*

A modelagem do índice de cobertura vegetal versus o fator C, para cada espécie vegetal, pode ser observada na Figura 5. Pela equação polinomial de 2º grau, gerada para as três espécies vegetais, infere-se que o feijão-guandu apresentou o menor valor para o fator C (0,06) quando a cultura apresentava-se com 51,25 % de índice de cobertura vegetal. O feijão-de-porco apresentou valor do fator C mínimo (0,00) quando a cultura se apresentava com 53,51% de índice de cobertura vegetal (Tabela 7); através da equação polinomial gerada para o feijão-de-porco, foi possível obter somente o ponto de máximo da curva, sendo que o maior valor de C (0,237) foi observado quando a cultura se encontrava com 40,11% de índice de cobertura. Já o milho apresentou o menor valor do fator C (0,071) quando se encontrava com 29,5% de índice de cobertura vegetal.



**Figura 5.** Modelagem do índice de cobertura vegetal versus fator C, durante o desenvolvimento das diferentes plantas de cobertura.

*Figure 5. Modeling of the plant cover index versus C factor during the development of the different cover plants*

Semelhante ao fator C, o fator práticas conservacionistas (fator P) da EUPS é determinado a partir das razões de perdas de solo e da distribuição do índice de erosividade local do período de estudo, porém acresce ao solo práticas conservacionistas com vistas à diminuição do processo erosivo quanto mais próximo do valor zero, melhore a prática conservacionista aplicada ao solo. Os valores estimados para o fator P são apresentados na Tabela 8. O valor do fator P, para as espécies vegetais cultivadas em nível foi de 0,70. Convencionalmente adota-se o valor 1 para o fator P no plantio em desnível.

Analisando-se os valores de perda de solo nas espécies vegetais estudadas (Tabela 8), constatou-se que, na média do período de estudo (dezembro de 2010 à março de 2011), o plantio das culturas em nível apresentou níveis de perda de solo inferiores ( $6,8722 \text{ t ha}^{-1}$ ) aos obtidos com o cultivo das mesmas em desnível ( $10,7729 \text{ t ha}^{-1}$ ); assim, o cultivo em nível contribuiu para reduzir 36,20% das perdas de solo, quando comparado com o cultivo em

desnível corroborando com os resultados obtidos por Bertoni & Lombardi Neto (1985), Margolis (1985), e Silva et al. (1989), Albuquerque et al.(2005).

Relativamente poucas são as informações disponíveis a cerca dos fatores C e P da EUPS estimados diretamente em trabalhos de campo, mostrando a necessidade de se desenvolver novos estudos que contribuam para a geração desses parâmetros que possam auxiliar as tomadas de decisões em campo, visando minimizar o processo erosivo.

**Tabela 8.** Valores médios de perda de solo e do fator práticas conservacionistas (P)  
*Table 8. Average values of soil loss and of the factor conservation practices*

Sistemas de cultivo	Perdas de solo (t ha <sup>-1</sup> )	P
Desnível (morro abaixo)	10,7729	1,0000
Nível	6,8722	0,7027

## CONCLUSÕES

O feijão-de-porco foi a espécie vegetal que apresentou maior índice médio de cobertura do solo e a maior produtividade de fitomassa.

O milho foi a cultura que apresentou menor índice médio de cobertura do solo.

As maiores alturas de plantas foram observadas no feijão-guandu e no milho, enquanto as menores alturas de plantas foram observadas no feijão-de-porco.

Os valores do fator uso e manejo do solo (fator C) determinados para o cultivo de feijão-guandu, feijão-de-porco e milho foram 0,482, 0,427 e 0,571, respectivamente.

O valor do fator práticas conservacionistas (fator P) para o plantio das espécies vegetais em nível foi de 0,70.

**LITERATURA CITADA**

- Albuquerque, A. W.; Moura Filho, G.; Santos, J. R.; Costa, J. P. V.; Souza, J. L. Determinação de fatores da equação universal de perda de solo nas condições de Sumé, PB. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, n.2, p.180-188, 2005.
- Albuquerque, A.W.; Lombardi Neto, F.; Srinivasan, V.S. Efeito do desmatamento da caatinga sobre as perdas de solo e água de um Luvissole em Sumé (PB). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.25, n.1, p.121-128, 2001.
- Allmaras, R.R.; Dowby, R.H. Conservation tillage systems and their adoption in the United States. *Soil Till. Res.*, 5:197-22, 1985.
- Alvarenga, R.C.; Costa, L.M.; Moura Filho, W. & Regazzi, A.J. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. *Pesquisa. Agropecuária. Brasileira.*,v. 30, p. 175-185, 1995.
- 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*, v.26, p.241-248, 2002.
- Barreto, V. C. M.; Silva, M. L. N.; Curi, N.; Oliveira, F.P.; Rezende, P. M.; Furtado, D. F. Índice de cobertura vegetal e sua modelagem para cultivares de soja no sul de Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 34, n. 5, p. 1168-1175, set./out., 2010.
- Bertoni, J.; Lombardi Neto, F. *Conservação do solo*. Piracicaba: Livroceres, 1985. 368p..
- Beutler, J.F.; Bertol, I.; Veiga, M.; Wildner, L.P. Perdas de solo e água num Latossolo Vermelho Aluminoférrico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo sob chuva natural. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.27, p.509-517, 2003.
- Cardoso, D. P. Desempenho de plantas de cobertura no controle da erosão hídrica no Sul de Minas Gerais. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2009. 100 p. Tese Doutorado.
- Cardoso, D. P.; Silva, M. L. N.; Carvalho, G. J.; Freitas, D. A. F.; Avanzi, J. C. Plantas de cobertura no controle das perdas de solo, água e nutrientes por erosão hídrica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.6, p. 632-638, 2012.
- Castro, N. E. A.; Silva, M. L. N.; Freitas, D. A. F.; Carvalo, G. J.; Marques, R. M.; Gontijo Neto, G. F. Plantas de cobertura no controle da erosão hídrica sob chuvas naturais. *Bioscience Journal*, v. 27, n. 5, p. 775-785, 2011.
- Cogo, N. P. Uma contribuição à metodologia de estudo das perdas por erosão em condições de chuva natural: I – Sugestões gerais, medição do volume,

- amostragem e quantificação de solo e água da enxurrada: 1ª Aproximação. In: Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo, 2., 1978, Passo Fundo. Anais... Passo Fundo: Embrapa- CNPT, 1978a. p.75–97.
- Cogo, N.P. Uma contribuição à metodologia de estudo das perdas por erosão em condições de chuva natural. II. Alguns conceitos básicos e modelos de uma ficha para registro das características da chuva e perdas de solo e água (1ª aproximação). In: Encontro Nacional de Conservação do Solo, 2., 1978, Passo Fundo. Anais. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1978b. p. 99-107.
- Derpsch, R.; Roth, C.H.; Sidiras, N.; Kopke, U. Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), 1991. 272p.
- Derpsch, R.; Calegari, A. Plantas para adubação verde de inverno. 2.ed. Londrina: Iapar, 1992. 80p. (Circular, 73).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Brasília: Embrapa-SPI, 2006. 306p.
- Fernandes, M.F.; Barreto, A.C.; Emidio Filho, J. Fitomassa de adubos verdes e controle de plantas daninhas em diferentes densidades populacionais de leguminosas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 34, n. 9, p. 1593-1600, 1999.
- Ferreira, D.F. Sistema de análises de variância para dados balanceados. Lavras: Ufla, 2000. (SISVAR 4. 1. pacote computacional).
- Foster, G. R. Modeling the erosion process. In: Haan, C. T.; Johnson, H. P.; Bradensiek, D. L. (Ed.). Hydrologic modeling of small waterheads. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1982.p.297-380. (ASAE monograph, 5).
- Lara Cabezas, W. R. L.; Alves, B. J. R.; Urquiaga, S.; Santana, D. G. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema plantio direto e solo preparado. Ciência Rural, v. 3, n. 4, p. 1005-1013, 2004.
- Lessa, L. G. F.; Lima, S. L.; Zimback, C. R. L. Análise multitemporal das perdas de solo por voçorocas, da sub-bacia Ribeirão das Bicas – Botucatu/SP, através de geoprocessamento e sensoriamento remoto. Energia na Agricultura, v. 22, n. 1, p. 61-74, 2007.
- Lopes, P. R.; Cogo, N. P.; Levien, R. Eficácia relativa de tipo e quantidade de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 11, n. 1, p. 71-75, 1987.
- Marcante, N. C.; Camacho, M. A.; Paredes Junior, F.P. Teores de nutrientes no milho como cobertura de solo. Bioscience Journal, v. 27, n. 2, p. 196-204, 2011.

- Margolis, E. Determinação dos fatores da equação universal de perdas de solo para as condições de Caruaru-PE. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.9, p.165-169, 1985.
- Martins, S. G.; Silva, M. L. N.; Avanzi, J. C.; Curi, N.; Fonseca, S. Fator cobertura e manejo do solo e perdas de solo e água em cultivo de eucalipto e em Mata Atlântica nos Tabuleiros Costeiros do estado do Espírito Santo. *Scientia Florestalis*, v. 38, n. 87, p. 517-526, 2010.
- Nearing, M.A.; Lane, L.J.; Alberts, E.E.; Laflen, J.M. Prediction technology for soil erosion by water: status and research needs. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.54, p.1702-1711, 1990.
- Osterroht, M. von; O que é uma adubação verde: princípios e ações. *Agroecologia Hoje*, p.9-11, 2002.
- Owoputi, L.O.; Stolte, W.J. Soil detachment in the physically based soil erosion processes: A review. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.38, p.1099-1110, 1995.
- Scott, A. J. & Knott, M. A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, v. 30, p. 507-512, 1974.
- Silva, I.de F. da; Campos Filho, O.R; Andrade, A.P. de; Coêlho, E.A.C; Diniz, E.J. Influência do cultivo isolado e do consórcio sobre as perdas de solo e água numa Terra Roxa estruturada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.13, p.111- 115, 1989.
- Sodré Filho, J.; Cardoso, A N.; Carmona, R.; Carvalho, A M. de. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na Região do Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, n.4, p.327-334, 2004.
- Sousa, D. M. G.; Lobato, E. Adubação com nitrogênio. In: Sousa, D. M. G.; Spehar, C. R. et al. *Amaranto BRS Alegria – alternativa para diversificar os sistemas de produção* Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 39, n. 1, p. 85-91, 2003.
- Souza, F. S.; Silva, M. L. N.; Curi, N.; Avanzi, J. C.; Von Pinho, R. G.; Lima, G.C. Índice de cobertura vegetal pela cultura do milho no período de chuvas intensas no sul de Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 34, n. 2, p. 345-351, 2010.
- Stocking, M. A. Assessing vegetative cover and management effect. In: LAL, R. (Ed.). *Soil erosion research methods*. Iowa: Soil and Water Conservation Society, 1988. p.163-167.
- Vásquez-Méndez R.; Ventura-Ramos, E.; Oleschko. K.; Hernández-Sandoval, L.; Parrot, J.F.; Nearing, M.A. Soil erosion and runoff in different vegetation patches from semiarid Central Mexico. *Catena*, Amsterdam, v.80, p.162-169, 2010.
- Wischmeier, W.H.; Smith, D.D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. *Trans. Am. Geophys. Union*, 39:285- 291, 1958.



Wischmeier, W.H; Smith, D.D. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. Washington: USDA, 1978. 58p. Agricultural Handbook, 537

**ARTIGO 2****ALTERAÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO,  
SOB DIFERENTES PLANTAS DE COBERTURA, NA REGIÃO SUL DE  
MINAS GERAIS <sup>(1)</sup>**

Normas da Revista Brasileira de Ciência do Solo (versão preliminar)

Adriana Cristina Dias<sup>(1)</sup>, Marx Leandro Naves Silva<sup>(3)</sup>, Nilton Curi<sup>(4)</sup>,  
Diego Antônio de França Freitas<sup>(5)</sup>, Rodrigo Magalhães Marques<sup>(6)</sup> e Gabriel  
José de Carvalho<sup>(7)</sup>

**RESUMO**

O uso de diferentes plantas de cobertura pode interferir na disponibilidade de nutrientes e na qualidade estrutural dos solos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de três plantas de cobertura, em dois sistemas de cultivo, sobre os atributos físicos e químicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico. O experimento foi conduzido no campus da Universidade Federal de Lavras, no município de Lavras – MG. As avaliações dos atributos químicos e físicos do solo foram realizadas em sete parcelas instaladas em campo, sendo seis delas cultivadas com plantas de cobertura: milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown); feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC) e feijão-guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp), em dois arranjos de cultivo: em nível e em desnível no sentido do declive, além de uma parcela mantida descoberta, utilizada como testemunha. Todas as plantas de cobertura foram eficientes na melhoria dos

---

<sup>(1)</sup> Parte da dissertação da primeira autora.

<sup>(2)</sup> Mestranda em Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras - UFLA. Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras-MG. E-mail: acd@dcs.ufla.br

<sup>(3)</sup> Professor do Departamento de Ciência do Solo, UFLA. Email: marx@dcs.ufla.br

<sup>(4)</sup> Professor do Departamento de Ciência do Solo, UFLA. Email: niltcuri@dcs.ufla.br

<sup>(5)</sup> Doutorando em Ciência do Solo, UFLA. Email: diego\_ufla@yahoo.com.br.

<sup>(6)</sup> Graduando em Agronomia, UFLA. E-mail: mdiguinho@gmail.com

<sup>(7)</sup> Professor do Departamento de Agricultura, UFLA. Email: gab@dag.ufla.br

atributos químicos e físicos do solo, visto que o solo mantido sem vegetação apresentou diminuição do pH, da concentração de alumínio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, capacidade de troca catiônica efetiva, capacidade de troca catiônica potencial, matéria orgânica e condutividade hidráulica saturada do solo. Dentre as plantas de cobertura utilizadas, o feijão-guandu, tanto em nível quanto em desnível, apresentou maior eficiência na melhoria da qualidade química do solo. Os atributos físicos foram pouco influenciados com a utilização de plantas de cobertura, exceto a condutividade hidráulica saturada, que teve seu valor aumentado com a utilização das espécies vegetais estudadas.

Termos de indexação: Fabaceae, Poaceae, sistemas de cultivo.

**SUMMARY:** MODIFICATION OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF SOIL UNDER DIFFERENT COVER CROPS IN THE SOUTH REGION OF MINAS GERAIS.

The use of different cover plants can interfere in nutrient availability and structural quality of soils. The objective of this study was to evaluate the potential of three cover plants in two tillage systems on the physical and chemical properties of a Dystrophic Red Yellow Podzolic (Embrapa, 2006). The experiment was conducted on the campus of the Universidade Federal de Lavras (Federal University of Lavras), in the municipality of Lavras - MG. Evaluations of the chemical and physical properties of the soil were performed in seven plots established in field, six of them cultivated with cover crops: millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown), jack beans (*Canavalia ensiformis* (L.) DC) and pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp), in cropping arrangements: contour and up and downslope planting, towards the slope in addition to a plot kept uncovered as the control. All the cover plants were effective in improving the physical and chemical properties of soil, since the soil kept without a vegetation showed a decrease in pH, concentration of aluminum, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, cation effective exchange capacity, potential cation exchange capacity, organic matter and soil saturated hydraulic conductivity. Among the cover crops used, the pigeon pea both in contour and in up and downslope planting, presented greatest efficiency in the improvement of the chemical quality of the soil. The physical properties were little influenced by the use of cover crops, except for the saturated hydraulic conductivity, which had its value increased with the use of the plant species studied.

Index Terms: Fabaceae, Poaceae, cropping systems

## INTRODUÇÃO

Resíduos culturais na superfície do solo constituem importante reserva de nutrientes, cuja disponibilização pode ser rápida e intensa ou lenta e gradual, conforme a interação entre os fatores climáticos, com destaque para a precipitação pluvial e temperatura, atividades biológicas do solo e qualidade e quantidade do resíduo vegetal (Alcântara et al., 2000; Oliveira et al., 2002). Desta forma, diversas espécies de plantas de cobertura do solo podem ser utilizadas a fim de evitar a exaustão da fertilidade do solo (Boer, et al., 2007).

Segundo Cardoso (2009), o desenvolvimento sustentável visa à conservação dos recursos naturais, como a água e o solo, mediante práticas conservacionistas, dentre as quais se destaca o cultivo das plantas de cobertura, que protegem o solo do impacto da gota da chuva, reduzindo o escoamento superficial e, conseqüentemente, o processo erosivo. Outro aspecto conservacionista relacionado ao uso de plantas de cobertura é o possível melhoramento e reestruturação dos atributos químicos e físicos do solo. Estes são alterados em razão dos fatores climáticos, do tipo de manejo e do potencial das plantas de cobertura utilizadas no plantio (Calegari et al., 1993).

De acordo com Calegari et al. (1993), os efeitos das plantas de cobertura sob os atributos químicos do solo são: aumento do teor da matéria orgânica, da disponibilidade de micro e macronutrientes, da CTC efetiva e do pH; diminuição nos teores de alumínio trocável e da acidez; e incremento da capacidade de reciclagem e mobilização de nutrientes lixiviados ou pouco solúveis presentes nas camadas subsuperficiais do solo. Os autores ainda relatam que os efeitos sob os atributos físicos do solo são: redução da resistência do solo à penetração, da evaporação, mantendo a temperatura e a umidade do solo constantes; e melhoria da taxa de infiltração; conseqüentemente, há redução das perdas de solo, água e nutrientes. Com vistas à melhoria da qualidade estrutural do solo, deve-se dar

atenção especial à estabilidade de agregados, bem como a porosidade do solo; estas são variáveis que servem para indiretamente avaliar a qualidade da estrutura do solo (Kiehl, 1979). Em geral, um solo com estrutura de boa qualidade apresenta boa capacidade de retenção, infiltração, permeabilidade e armazenamento de água no seu interior, o que, no conjunto, irá refletir-se em menor erodibilidade (Wischmeier & Smith, 1978; Foster, 1982).

A reestruturação do solo depende do sistema de manejo que será usado no preparo do mesmo. A adoção de sistemas de manejo que mantenham a proteção do solo através do contínuo aporte de resíduos orgânicos é fundamental para a manutenção de uma boa estrutura (Silva et al., 1998). Os diferentes sistemas de manejo exercem também efeitos na estruturação do solo de forma diferenciada, dependendo do tipo de cultura e do preparo de solo. Considerando que plantas diferenciam-se entre si sobre a estruturação do solo, Da Ros et al. (1997), Amado et al. (2001) e Aita et al. (2001) constataram que a fitomassa de leguminosas têm potencial para suprir, não só o carbono orgânico, mas também contribuir para melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo.

Diversos estudos têm sido realizados em diversas regiões do país visando à diminuição do processo erosivo do solo e recuperação de suas características físicas, químicas e biológicas, dos quais os mais promissores consistem no uso de plantas de cobertura para reestruturação dos atributos do solo (Albuquerque et al., 2005; Argenton et al., 2005; Nascimento et al., 2005; Alves et al., 2007; Boer et al., 2007; Gama-Rodrigues et al., 2007; Moreti et al., 2007; Souza Neto et al., 2008; Andrade et al., 2009; Rosa et al., 2009). Para a região Sul do Estado de Minas Gerais, destacam-se os trabalhos de Cardoso (2009), no qual o autor, estudando espécies de plantas de cobertura das famílias Fabaceae e Poaceae, concluiu que estas culturas são adaptadas à região e trazem melhorias físicas e químicas ao solo. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar as alterações nos atributos físicos e químicos de um Argissolo Vermelho-

Amarelo distrófico, localizado no município de Lavras, MG, após o cultivo de três espécies vegetais utilizadas como plantas de cobertura (feijão-guandu, feijão-de-porco e milho), em dois sistemas de cultivo (nível e desnível).

## MATERIAL E MÉTODOS

Os estudos foram realizados em área experimental da Universidade Federal de Lavras – UFLA, MG localizada nas coordenadas geográficas de 21°13'20'' de latitude sul, 44°58'17'' de longitude oeste, com 925 m de altitude. O clima é classificado como Cwa- subtropical de inverno seco e verão quente, segundo classificação climática de Köppen, com precipitação média anual de 1.529,7 mm e temperatura média anual de 19,4 °C. O solo estudado foi classificado como um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2006), textura superficial e subsuperficial argilosas, relevo ondulado com declividade de 12%.

As coletas de solo para realização das análises químicas e físicas foram realizadas em ocasião anterior ao plantio e após o corte das espécies vegetais, durante a decomposição da fitomassa, ocorrida aos 125 dias após a semeadura (DAS), em sete parcelas instaladas em campo, sendo seis delas cultivadas com plantas de cobertura: milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Brown); feijão-deporco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC) e feijão-guandú (*Cajanus cajan* (L.) Millsp), em dois arranjos de cultivo: em nível e em desnível do sentido do declive, além de uma parcela descoberta, utilizada como testemunha. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com sete tratamentos e três repetições. Cada parcela ocupou uma área de 48 m<sup>2</sup> (4 x 12 m).

As plantas de cobertura foram semeadas no final de novembro de 2010, com espaçamento entre as linhas de plantio de 0,5 m, com densidade de plantio de acordo com as recomendações técnicas para cada espécie. Foi realizada uma capina anterior ao plantio e retirados todos os resíduos da vegetação anterior. Não foi utilizada nenhuma forma de fertilização, controle fitossanitário e de inoculação de *Rhizobium* nas parcelas.

As análises químicas: pH em água, fósforo (P), macronutrientes ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{+2}$ ), capacidade de troca catiônica efetiva, capacidade de troca catiônica potencial, e matéria orgânica (MO), foram realizadas conforme Embrapa (1997).

A densidade do solo foi determinada de acordo com Blake & Hartge (1986a) e o volume total de poros segundo expressão preconizada por Danielson & Sutherland (1986). A distribuição de poros por tamanho foi calculada segundo Grohmann (1960). Os agregados com diâmetro entre 4,75 – 8,00 mm foram obtidos mediante peneiramento de material indeformado, amostrado na camada superficial do solo (0 - 20 cm), seguindo recomendações de Kemper & Rosenau (1986). A estabilidade de agregados, avaliadas pelo diâmetro médio geométrico (DMG) e diâmetro médio ponderado (DMP), foi determinada pelo peneiramento em água, após pré-umedecimento lento dos agregados, por capilaridade, segundo Kemper & Rosenau (1986). A condutividade hidráulica do solo saturado ( $K_{sat}$ ) foi determinada por meio de permeâmetro de carga constante, de acordo com metodologia descrita por Lima et al. (1990).

A análise estatística foi realizada com o auxílio do software estatístico SISVAR<sup>®</sup> (Ferreira, 2000), sendo os dados submetidos à análise de variância e a comparação das médias feitas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na Tabela 1 encontram-se os atributos químicos do Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, no município de Lavras, MG, realizada antes do plantio e após o corte das espécies vegetais. O solo em estudo apresenta acidez média, conforme Alvarez et al. (1999), e observa-se que após o plantio o pH do solo é menor no solo descoberto, utilizado como testemunha e no solo sob feijão-guandu plantado em desnível no terreno. O pH médio do solo, após o corte das



espécies vegetais, diminuiu com o cultivo de feijão-guandu em desnível, feijão-de-porco em nível e milho em nível, além do solo mantido sem cobertura vegetal. Rosa et al. (2009) avaliando a acidez de um Cambissolo Háplico, sob plantas de cobertura, evidenciaram solos ligeiramente ácidos, com o pH em água variando de 5,7 a 5,9, sem efeito das coberturas proporcionadas pelas diferentes espécies vegetais. Esses pesquisadores concluíram que esses valores são devidos aos íons  $H^+$  adsorvidos às cargas negativas do solo; o aumento na acidificação é devido à absorção de nutrientes pelas plantas de cobertura, as quais propiciam a liberação de nutrientes para a solução do solo, ficando as cargas negativas livres para adsorver o íon  $H^+$ .

Os solos cultivados com feijão-guandu (nível e desnível) e feijão-de-porco (nível e desnível), apresentaram aumentos na concentração de fósforo (P) no solo, após o corte das espécies vegetais, enquanto o solo descoberto e o milho (nível e desnível) apresentou redução dos valores de P no solo. Esta perda de P ocorreu nos ambientes de reduzida proteção vegetal, que confere baixa proteção ao solo contra o impacto das gotas da chuva, sendo mais suscetível à erosão hídrica; sendo assim o P é perdido juntamente com o solo no processo erosivo, através do arraste das partículas de solo.

Moreti et al. (2007) ao verificarem as alterações de alguns atributos químicos em um Latossolo Vermelho no Cerrado, sob plantas de cobertura, também encontraram as maiores perdas de P no solo descoberto, utilizado como testemunha e no milho. Segundo Cardoso (2009) o feijão-de-porco apresenta boa proteção do solo, aumentando a disponibilidade de P, o que impede a perda deste nutriente por erosão. Gama-Rodrigues et al. (2007) avaliando a influência de plantas de cobertura (feijão-de-porco, amendoim forrageiro, siratro, cudzu tropical) e vegetação espontânea (dominância de *Brachiaria brizantha*) nos atributos químicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico, afirmaram que o resíduo de melhor qualidade química foi o de feijão-de-porco.

Os teores de potássio ( $K^+$ ) no solo apresentaram amplitude de variação entre 16,67 e 63,66  $mg\ dm^{-3}$ , respectivamente para o solo descoberto e para o feijão-guandu plantado em nível. O feijão-guandu em nível foi eficaz no aumento dos teores de  $K^+$  no solo, após seu corte e o solo descoberto propiciou uma redução drástica no valor deste nutriente.

**Tabela 1** Atributos químicos do Argissolo Vermelho-Amarelo, antes e após o corte das plantas de cobertura, no município de Lavras, MG.

Trat.	pH		(P)		(K <sup>+</sup> )	
	H <sub>2</sub> O .....mg dm <sup>3</sup> .....					
	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
T	5,40bA	5,10cB	2,8 aA	2,23 bA	49,00cA	19,67eB
FGd	5,37bA	5,20bB	2,17aB	3,13 aA	35,67dA	33,33dA
FGn	5,47bA	5,40aA	2,20aB	2,87 aA	55,33bB	63,66aA
FPd	5,43bA	5,37aA	2,30aB	2,87 aA	56,66bA	56,67bA
FPn	5,57bA	5,40aB	2,30aB	2,70 aA	59,33bA	40,00cB
Md	5,40aA	5,33aA	2,00aA	2,10 bA	53,00cA	29,33dB
Mn	5,60aA	5,40aB	2,10aA	2,40 bA	67,67aA	56,67bB

Trat.	(Ca <sup>+</sup> )		(Mg <sup>+</sup> )		(Al <sup>+3</sup> )	
	.....cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> .....					
	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
T	1,87aA	1,37cB	0,40aA	0,30bB	0,20bB	0,53aA
FGd	1,30dB	1,90aA	0,30bB	0,40aA	0,33aA	0,40bA
FGn	1,47cB	1,87aA	0,40aA	0,40aA	0,27bA	0,27cA
FPd	1,26dA	1,40cA	0,40aA	0,30bB	0,30aA	0,30cA
FPn	1,63bA	1,40cB	0,40aA	0,30bB	0,23bB	0,37bA
Md	1,47cA	1,37cA	0,40aA	0,30bB	0,40aA	0,37bA
Mn	1,63bA	1,53bA	0,40aA	0,33bA	0,23bA	0,30cA

Trat.	(t)		(T)		MO	
	.....cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ..... ..... ..... g Kg <sup>-1</sup> .....					
	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
T	2,57aA	2,27bB	6,30aA	6,77bA	21,70aA	13,70bB
FGd	2,03cB	2,73aA	5,70bB	7,23aA	15,70bB	33,70aA
FGn	2,27bB	2,80aA	5,70bB	6,63bA	15,00bB	29,70aA
FPd	2,07cA	2,13bA	5,66bB	6,40cA	17,70bB	27,00aA
FPn	2,47aA	2,17bB	6,23aA	5,80dB	18,30bA	17,00bA
Md	2,43aA	2,13bB	6,47aA	5,77dB	17,70bA	18,00bA
Mn	2,47aA	2,33bA	5,97aA	5,63dA	16,70bB	31,00aA

Antes = ocasião anterior ao plantio; Após = ocasião após o corte das espécies vegetais; pH = potencial hidrogeniônico; P= fósforo; K<sup>+</sup>= potássio; Ca<sup>+2</sup>= cálcio; Mg<sup>+2</sup>= magnésio; Al<sup>+3</sup>= alumínio; (t)= capacidade de troca catiônica efetiva; (T)= capacidade de troca catiônica potencial; MO= matéria orgânica; Trat= Tratamentos; T= Testemunha; FGd= Feijão-guandu desnível; FGn= Feijão-guandu nível; FPd= Feijão-de-porco desnível; FPn= Feijão-de-porco nível; Md=Milheto desnível; Mn= Milheto nível; Letras iguais maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, dentro de cada atributo, não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

Trabalhos desenvolvidos por Rosa et al. (2009) mostram que os teores de  $K^+$  no solo não sofreram alterações após a utilização dos diferentes tratamentos. Boer et al. (2007) ao avaliar o acúmulo e a liberação de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) de resíduos culturais de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.), milheto (*Pennisetum glaucum* L.) e capim-pé-de-galinha (*Eleusine coracana* L.) na entressafra, em condições de Cerrado, em um Latossolo Vermelho distroférico, textura argilosa, concluíram que o  $K^+$  foi o nutriente acumulado em maior quantidade nas plantas de cobertura estudadas.

Como o solo estudado se trata de um Argissolo Vermelho-Amarelo, este possui como principal característica uma mudança textural no contato do horizonte A para o B, sendo por vezes, impeditivo à penetração das raízes, principalmente no caso de culturas anuais. Burle et al. (1997) afirmam que as Fabaceae possuem sistema radicular pivotante, sendo menos capazes de penetrar em camadas de impedimento. Segundo Cardoso (2009), as Poaceae possuem sistema radicular fasciculado, tendo maior capacidade, que as plantas de sistema radicular pivotante, de penetrar essa camada de impedimento e reciclar os nutrientes, que são perdidos por lixiviação, para as camadas mais profundas do solo.

Contrariando o exposto pelos autores citados acima, a cultura que proporcionou o maior incremento de macronutrientes ao solo, no presente estudo, foi uma Fabaceae (feijão-guandu). Os teores de cálcio ( $Ca^{+2}$ ), magnésio ( $Mg^{+2}$ ), capacidade de troca catiônica efetiva (t), capacidade de troca catiônica potencial (T) e matéria orgânica (MO) foram mantidos ou aumentados no solo, com o cultivo desta planta, tanto em nível quanto em desnível. Faria et al. (2004) estudando o comportamento de diferentes plantas de cobertura sobre os atributos químicos do solo, encontraram resultados semelhantes ao verificarem que as leguminosas deixadas na superfície do terreno, para serem decompostas, melhoram as suas propriedades químicas, aumentando o  $Ca^{+2}$ , a capacidade de

troca catiônica (CTC) e a MO. Alvarenga et al. (1995), de forma semelhante ao presente estudo, concluíram em seus trabalhos que o feijão-guandu se destacou como a espécie de maior potencial para a recuperação da qualidade do solo.

O Argissolo estudado apresenta teores de Al trocável superiores no solo descoberto e sob feijão-de-porco em nível. O feijão-guandu em nível, feijão-de-porco em desnível e milho em nível, apresentaram teores de  $Al^{+3}$ , após o corte, inferiores aos demais tratamentos, sendo que os valores de Al trocável, em todos os tratamentos, foram altos (superiores a  $0,27 \text{ cmol}_e \text{ dm}^{-3}$ ). Rosa et al. (2009) avaliando um Cambissolo Háplico, sob plantas de cobertura, evidenciaram teores de Al trocável, notadamente baixos, que variaram de 0,03 a  $0,07 \text{ cmol}_e \text{ dm}^{-3}$ . Cardoso (2009) obteve valores inferiores de Al trocável, no mesmo Argissolo Vermelho-Amarelo do presente estudo, variando de 0 a  $0,2 \text{ cmol}_e \text{ dm}^{-3}$ , antes e após o plantio de plantas de cobertura, respectivamente.

Quanto a MO, o solo mantido sem vegetação apresentou diminuição dos teores no solo. Todas as demais culturas, nos dois sistemas de manejo, apresentaram aumento ou manutenção dos valores de MO encontrados no solo em ocasião anterior ao plantio das espécies vegetais. Conforme observado por Bayer & Mielniczuk (1997), as diferenças observadas nos teores de MO nas diferentes plantas de cobertura estão também relacionadas com os aportes de cada sistema de cultura, Bayer et al. (2000) ressaltaram que estas taxas de nutrientes e MO no solo são dependentes da textura e mineralogia, das condições climáticas e da intensidade do processo erosivo; portanto, ao longo do tempo, o acúmulo de matéria orgânica nos solos sob plantas de cobertura, comparado ao solo descoberto será maior, refletindo, assim, em outros atributos do solo.

Além da diminuição dos teores de MO, o solo descoberto apresentou aumento da acidez média; aumento na concentração de  $Al^{+3}$ ; e diminuição da concentração de P,  $K^+$ ,  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$  e CTC efetiva. Diante do exposto, tem-se que

a cobertura vegetal é de extrema importância para a melhoria das propriedades químicas do solo.

Na tabela 2 se encontram os valores referentes aos parâmetros estatísticos utilizados para avaliação dos atributos químicos do solo. O coeficiente de variação (CV) fornece a variação dos dados obtidos em relação à média. Quanto menor for o seu valor, mais homogêneos são os dados. O desvio padrão (DP) é uma medida de dispersão usada com a média. Mede a variabilidade dos valores à volta da média. O valor mínimo do desvio padrão é 0 indicando que não há variabilidade, ou seja, que todos os valores são iguais à média. Segundo Pimentel Gomes (2000), nos experimentos de campo, se o CV for inferior à 10%, diz-se que o CV é baixo, ou seja, o experimento tem alta precisão; de 10 a 20% são considerados médios e de boa precisão; 20 a 30% altos, com baixa precisão e, acima de 30% muito alto. Com base nessa classificação, os atributos químicos pH, K<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, (t) e T apresentam alta precisão experimental em campo e as variáveis analisadas para a determinação do P e MO apresentam boa precisão.

**Tabela 2** Parâmetros estatísticos relacionados à avaliação dos atributos químicos do Argissolo estudado antes do plantio e após o corte das espécies vegetais.

Variáveis	pH		P		K <sup>+</sup>	
	CV(%)	DP	CV(%)	DP	CV(%)	DP
Trat (antes)	1,26	0,04	13,76	0,18	5,43	1,68
Trat (depois)	0,92	0,03	11,95	0,18	7,18	1,77
T (épocas)	0,00	0,00	23,31	0,34	7,23	1,43
FGd (épocas)	0,77	0,02	16,59	0,25	3,35	0,67
FGn (épocas)	0,75	0,02	8,53	0,12	4,23	1,45
FPd (épocas)	1,69	0,05	6,89	0,10	5,67	1,90
FPn (épocas)	0,72	0,02	4,90	0,07	5,00	1,43
Md (épocas)	1,52	0,05	5,97	0,07	7,75	1,84
Mn (épocas)	1,29	0,04	7,70	0,10	7,60	2,73

Variáveis	Ca <sup>+2</sup>		Mg <sup>+2</sup>		Al <sup>+3</sup>	
	CV(%)	DP	CV(%)	DP	CV(%)	DP
Trat (antes)	3,52	0,03	0,00	1,24	20,55	0,03
Trat (depois)	4,46	0,04	6,55	0,01	12,06	0,02
T (épocas)	3,57	1,62	0,00	0,00	11,13	0,02
FGd (épocas)	4,42	0,04	0,00	0,00	11,13	0,02
FGn (épocas)	3,46	0,03	0,00	0,00	21,65	0,03
FPd (épocas)	6,12	0,05	0,00	0,00	23,57	0,04
FPn (épocas)	2,69	0,02	0,00	0,00	19,25	0,03
Md (épocas)	4,08	0,03	0,00	0,00	10,65	0,02
Mn (épocas)	3,72	0,03	10,13	0,02	15,31	0,02

Variáveis	(t)		(T)		MO	
	CV(%)	DP	CV(%)	DP	CV(%)	DP
Trat (antes)	3,75	0,05	3,23	0,11	10,12	0,10
Trat (depois)	4,23	0,06	2,58	0,09	11,54	0,16
T (épocas)	2,39	0,03	3,80	0,14	10,33	0,11
FGd (épocas)	3,38	0,05	2,28	0,08	9,36	0,13
FGn (épocas)	3,65	0,05	4,77	0,17	13,18	0,17
FPd (épocas)	4,35	0,05	2,14	0,07	7,97	0,10
FPn (épocas)	3,94	0,05	0,68	0,02	12,23	0,12
Md (épocas)	2,57	0,03	0,94	0,03	13,42	0,19
Mn (épocas)	4,81	0,07	3,15	0,10	9,42	0,09

Trat (antes) = Tratamentos antes do plantio das espécies vegetais; Trat (depois) = Tratamentos após o corte das espécies vegetais; T (épocas) = Testemunha antes do plantio e após o corte; FGd (épocas) = Feijão-guandu desnível antes do plantio e após o corte ; FGn (épocas) = Feijão-guandu nível antes do plantio e após o corte; FPd (épocas) = Feijão-de-porco desnível antes do plantio e após o corte; FPn (épocas) = Feijão-de-porco nível antes do plantio e após o corte; Md (épocas) = Milheto desnível antes do plantio e após o corte; Mn (épocas) = Milheto nível antes do plantio e após o corte ; pH = potencial hidrogeniônico; CV=Coeficiente de Variação; DP= Desvio Padrão.

Na Tabela 3 nota-se que somente os valores médios referentes à condutividade hidráulica do solo saturado ( $K_{sat}$ ) apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos, quando avaliados antes ou após o cultivo das plantas de cobertura. Os valores referentes à densidade do solo (Ds), volume total de poros (VTP), microporosidade (micro), macroporosidade (macro) não apresentaram diferenças estatísticas quando se compara a ocasião anterior ao plantio com a ocasião posterior ao corte das espécies vegetais, devido provavelmente ao fato de que é necessário um tempo maior de utilização das plantas de cobertura, para que as mesmas proporcionem benefícios físicos ao solo.

Na Tabela 4 se observa os parâmetros estatísticos utilizados para a avaliação destes atributos e segundo a classificação de Pimentel Gomes (2000), os atributos físicos: Ds, VTP, micro,  $K_{sat}$  e DMP apresentaram alta precisão, enquanto os atributos macro e DMP obtiveram boa precisão experimental em campo.

Estudando diferentes sistemas de manejo e de uso em um Latossolo Vermelho, Carneiro et al. (2009), não encontrou diferenças significativa para o volume total de poros e microporosidade. Cardoso (2009) avaliando a influência de três plantas de cobertura, em dois espaçamentos, em um Argissolo Vermelho-Amarelo, no sul de Minas Gerais não encontrou diferenças estatísticas entre os tratamentos para densidade do solo, volume total de poros, macroporosidade, microporosidade e umidade do solo. Nascimento et al. (2005), ao avaliar o efeito de nove leguminosas e uma parcela mantida como testemunha, nos atributos físicos e carbono orgânico (CO) de um Luvisolo, no município de Alagoinha (PB), constatou que nas condições edafoclimáticas do experimento, no período de três anos de avaliação, o cultivo das leguminosas mantiveram inalteradas as características de densidade do solo, porosidade total e argila dispersa em água do solo.



Todos os tratamentos foram eficientes no aumento da  $K_{sat}$  do solo sendo a seguinte tendência apresentada após o cultivo das plantas: feijão-porco em desnível > feijão-guandu em nível > milho em nível > feijão-guandu em desnível > feijão-de-porco em nível > milho em desnível > testemunha. O menor valor de  $K_{sat}$  observado no solo descoberto deve-se ao fato de que uma das funções das plantas de cobertura está relacionada à decomposição de raízes e proteção da superfície do solo, mediante o acréscimo da massa verde (Calegari et al., 1993). De acordo com esses autores, após a decomposição das raízes, formam-se canalículos no solo que elevam a taxa de infiltração, enquanto a cobertura evita a desagregação superficial, reduz a velocidade do escoamento superficial e possibilita o aumento da infiltração da água no solo. Os maiores valores de  $K_{sat}$  foram observados para as Fabáceas, que possuem as raízes pivotantes, sendo estas consideradas eficientes na descompactação do solo, aumentando a capacidade de infiltração de água, elevando o valor da sua condutividade hidráulica (Calegari et al., 1993).

**Tabela 3.** Atributos físicos do Argissolo Vermelho-Amarelo, antes e após o corte das plantas de cobertura, no município de Lavras, MG.

Trat.	Ds		VTP	
	mg dm <sup>-3</sup>		m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	
	Antes	Após	Antes	Após
T	1,28 aA	1,27aA	52,62 aA	53,06aA
FGd	1,26 aA	1,23aA	53,66 aA	54,70aA
FGn	1,27 aA	1,22aA	53,06 aA	55,11aA
FPd	1,24 aA	1,18aA	52,31 aA	54,21aA
FPn	1,26 aA	1,23aA	50,34 aA	51,88aA
Md	1,31 aA	1,20aA	48,75 aA	52,25aA
Mn	1,30 aA	1,20aA	48,93 aA	52,95aA

Trat.	Macro		Micro	
	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>		m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	
	Antes	Após	Antes	Após
T	20,25 aA	22,80aA	32,37 aA	30,25aA
FGd	22,25 aA	23,96aA	31,11 aA	30,74aA
FGn	24,93 aA	26,05aA	28,14 aA	29,06aA
FPd	24,42 aA	24,93aA	27,76 aA	29,28aA
FPn	21,13 aA	22,90Aa	29,22 aA	28,99aA
Md	18,08 aA	23,78aA	30,17 aA	28,46aA
Mn	18,58 aA	25,40aA	30,27 aA	27,55aA

Trat.	K <sub>sat</sub>		Estabilidade de agregados			
	mm h <sup>-1</sup>		DMG		DMP	
	Antes	Após	mm.....mm.....			
	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
T	43,61 fA	39,26gA	3,51aA	3,47aA	4,83 aA	4,27aA
FGd	89,31 cB	183,98dA	4,76aA	2,33aB	4,91 aA	3,32aB
FGn	153,30 aB	427,00bA	3,84aA	3,11aA	4,71 aA	4,06aA
FPd	126,87 bB	443,64aA	3,51aA	2,45aA	4,61 aA	3,76aB
FPn	60,90 eB	174,39eA	4,22aA	2,56aB	4,65 aA	3,71aB
Md	68,93 dA	87,25fA	3,92aA	2,78aB	4,60 aA	4,13aB
Mn	91,84 cB	244,50cA	4,07aA	3,10aB	4,60 aA	4,79aA

Antes = ocasião anterior ao plantio; Após = ocasião após o corte das espécies vegetais; Trat= Tratamentos; T= Testemunha; FGd= Feijão-guandu desnível; FGn= Feijão-guandu nível; FPd= Feijão-de-porco desnível; FPn= Feijão-de-porco nível; Md=Milheto desnível; Mn= Milheto nível;Ds= densidade do solo; VTP= volume total de poros; Micro= microporosidade; Macro= macroporosidade; K<sub>sat</sub>= condutividade hidráulica do solo saturado; DMG = Diâmetro médio geométrico; DMP = Diâmetro médio ponderado; Letras iguais maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, dentro de cada atributo, não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 4.** Parâmetros estatísticos relacionados à avaliação dos atributos físicos do Argissolo estudado antes do plantio e após o corte das espécies vegetais.

Variáveis	Ds		VTP		Micro		Macro	
	CV(%)	DP	CV(%)	DP	CV(%)	DP	CV(%)	DP
Trat <sub>(antes)</sub>	3,55	0,03	4,03	1,20	11,44	1,98	16,59	2,51
Trat <sub>(depois)</sub>	3,86	0,03	3,18	0,98	8,29	1,40	10,22	1,43
T <sub>(épocas)</sub>	4,31	0,03	3,85	1,17	11,59	2,10	11,16	1,39
FGd <sub>(épocas)</sub>	3,86	0,03	3,30	1,01	5,62	0,93	11,85	1,69
FGn <sub>(épocas)</sub>	2,52	0,02	2,04	0,64	5,15	0,85	7,78	1,15
FPd <sub>(épocas)</sub>	3,86	0,03	3,30	1,01	5,62	0,93	11,85	1,69
FPn <sub>(épocas)</sub>	3,60	0,03	4,67	1,39	10,63	1,79	14,84	1,91
Md <sub>(épocas)</sub>	1,45	0,01	6,73	2,05	8,58	1,15	16,51	2,83
Mn <sub>(épocas)</sub>	5,11	0,04	7,46	2,22	10,08	1,32	9,57	1,60

Variáveis	K <sub>sat</sub>		Estabilidade de agregados			
			DMG		DMP	
	CV(%)	DP	CV(%)	DP	CV(%)	DP
Trat <sub>(antes)</sub>	2,09	1,09	15,10	0,34	5,46	0,15
Trat <sub>(depois)</sub>	2,05	2,70	16,86	0,28	7,39	0,16
T <sub>(épocas)</sub>	9,83	2,35	13,42	0,27	3,58	0,09
FGd <sub>(épocas)</sub>	1,32	2,18	21,52	0,37	6,52	0,16
FGn <sub>(épocas)</sub>	1,17	1,96	23,26	0,47	8,02	0,20
FPd <sub>(épocas)</sub>	1,32	2,18	21,52	0,37	6,52	0,16
FPn <sub>(épocas)</sub>	1,73	1,17	8,99	0,18	5,71	0,13
Md <sub>(épocas)</sub>	5,88	2,66	8,75	0,18	4,60	0,12
Mn <sub>(épocas)</sub>	1,48	1,44	16,08	0,32	8,43	0,20

Trat<sub>(antes)</sub> = Tratamentos antes do plantio das espécies vegetais; Trat<sub>(depois)</sub> = Tratamentos após o corte das espécies vegetais; T<sub>(épocas)</sub> = Testemunha antes do plantio e após o corte; FGd<sub>(épocas)</sub> = Feijão-guandu desnível antes do plantio e após o corte ; FGn<sub>(épocas)</sub> = Feijão-guandu nível antes do plantio e após o corte; FPd<sub>(épocas)</sub> = Feijão-deporco desnível antes do plantio e após o corte; FPn<sub>(épocas)</sub> = Feijão-de-porco nível antes do plantio e após o corte; Md<sub>(épocas)</sub> = Milheto desnível antes do plantio e após o corte; Mn<sub>(épocas)</sub> = Milheto nível antes do plantio e após o corte ; Ds= densidade do solo; VTP= volume total de poros; Micro= microporosidade; Macro= macroporosidade; K<sub>sat</sub>= condutividade hidráulica do solo saturado; DMG = Diâmetro médio geométrico; DMP = Diâmetro médio ponderado; CV=Coeficiente de Variação; DP= Desvio Padrão.

Estudos desenvolvidos por Argenton et al. (2005), ao avaliar os efeitos do manejo com diferentes espécies vegetais sobre as propriedades relacionadas com estrutura de um Latossolo Vermelho, concluíram que a introdução de plantas de cobertura, especialmente as Fabaceas, proporcionou aumento K<sub>sat</sub> do solo. Andrade (2008), determinando o efeito de oito plantas de cobertura na

qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em plantio direto no município de Santo Antônio de Goiás, GO, afirmam que as plantas de cobertura afetam favoravelmente a estruturação do solo, ao criarem poros biológicos de alta funcionalidade na aeração e infiltração de água no solo e concluem que entre as plantas de cobertura estudadas, as leguminosas, como feijão-guandu e crotalária, e o milho consorciado com braquiária, foram as que mantiveram a camada superficial do solo cultivado com boa qualidade física.

Como reflexo desta funcionalidade, Genro Júnior (2002) observou, em solo argiloso, tendência de aumento da  $K_{sat}$  após a inclusão de feijão-guandu anão em esquemas de rotação de culturas com milho, soja e trigo. Abreu et al. (2004) atribuíram o aumento da  $K_{sat}$  do solo sob leguminosas, como a crotalária em relação ao solo descoberto à formação e à manutenção de macroporos verticais ao longo do perfil do solo, decorrentes da decomposição das raízes, e à agressividade do sistema radicular da crotalária, penetrando a camada subsuperficial do solo e constituindo um meio poroso mais contínuo.

Avaliando a recuperação das propriedades de um Latossolo Vermelho distrófico, em Ilha Solteira-SP, Alves et al. (2007), utilizando como indicadores de qualidade física a densidade do solo e a taxa de infiltração de água, constatou que quanto à  $K_{sat}$ , a testemunha diferiu dos demais tratamentos (gonçalo-alves + feijão-de-porco, gonçalo-alves + nabo-forrageiro, gonçalo-alves + lodo de esgoto + braquiária), apresentando valores de infiltração aproximadamente cinco vezes menores. Segundo estes autores, a menor taxa de infiltração na testemunha se deve ao processo da ausência de cobertura vegetal, no caso do solo exposto. Os valores mais altos da infiltração na área com cobertura vegetal devem-se, provavelmente, à influência que esta exerce sobre as propriedades físicas do solo. Sua influência manifesta-se essencialmente por meio da proteção de sua parte aérea contra o impacto das gotas de chuva e do efeito cimentante e estabilizador de substâncias orgânicas excretadas pelas raízes, principalmente

aquelas sintetizadas pelos microrganismos do solo no processo de decomposição (Souza, 2000).

Nenhuma espécie vegetal estudada foi eficiente no aumento da estabilidade de agregados do solo, avaliada pelo diâmetro médio geométrico (DMG) e diâmetro médio ponderado (DMP), o que difere dos estudos de Souza Neto et al. (2008) e Cardoso (2009). O solo descoberto e o plantio de feijão-guandu em nível mantiveram a estabilidade de agregados estável, visto que proporcionaram ao solo o mesmo DMG e DMP da ocasião anterior ao plantio das espécies vegetais. O feijão-de-porco em desnível manteve o mesmo DMG do solo em ocasião anterior ao plantio, porém proporcionou uma redução no valor de DMP, tendo comportamento inverso ao observado pelo milho em nível. Já o plantio de feijão-de-porco em nível, feijão-guandu e milho, ambos em desnível, proporcionou ao solo redução dos valores de DMG e DMP. Resultados semelhantes foram obtidos por Albuquerque et al. (2005) ao avaliar a estabilidade dos agregados de um solo cultivado com preparo reduzido e preparo convencional com utilização de plantas de cobertura, num Latossolo Vermelho distroférico, em Chapecó (SC). Estes autores concluíram que as plantas de cobertura não recuperaram a estabilidade dos agregados em curto prazo, sendo necessários períodos mais longos para que as plantas de cobertura, associadas aos preparos conservacionistas, possam melhorar as características físicas do solo. Outro fator de importância é a alta estabilidade estrutural dos solos de textura argilosa, sendo que nessas condições, as alterações na estabilidade dos agregados são de pequena magnitude (Albuquerque et al., 1996).

Trabalhos de Souza Neto et al. (2008) ao avaliar os atributos físicos de um Latossolo Vermelho distrófico argiloso e a produtividade de milho em sistemas de manejo que incluem plantas de cobertura, apresentam conclusões divergentes aos encontrados neste estudo, ao afirmarem que as plantas de cobertura, no sistema de semeadura direta, aumentam a estabilidade de

agregados, avaliada pelos índices DMG e DMP, devido ao menor revolvimento do solo, reduzindo seu contato com os materiais vegetais e diminuindo a velocidade de decomposição, comparado ao sistema convencional, no qual ocorre revolvimento do solo, fragmentação dos agregados do solo, incorporação e exposição dos restos vegetais à ação mais intensa dos microrganismos, que atuam na sua decomposição. Cardoso (2009) avaliando a influencia de três plantas de cobertura, em dois espaçamentos, concluiu que os valores de DMG e DMP do solo foram aumentados com o plantio de crotalária no espaçamento de 0,25 e 0,50 m, feijão-de-porco e milho, ambos no espaçamento de 0,25 m.

Estudos de Harris et al. (1996) e de Cardoso (2009) utilizaram a porcentagem de agregados estáveis (>2 mm) em água para avaliar a qualidade do solo em sistemas de manejo. Resultados observados por Silva et al. (1998) mostram que os valores do DMG apresentam a mesma tendência de comportamento da classe de agregados maiores que 2 mm, indicando, conforme Alvarenga et al. (1986) e Castro Filho et al. (1998), que tanto o DMG quanto a classe de agregados maiores que 2 mm, podem ser usados para expressar a agregação do solo. Diante do exposto, nota-se no presente estudo que apesar das espécies vegetais não serem eficientes no aumento da estabilidade de agregados do solo após o corte da espécies vegetais, os valores de DMG e DMP, observados na Tabela 3, apresentaram diâmetro maior que 2 mm, mostrando portanto, por este aspecto, uma boa agregação do solo.

Vale salientar que a avaliação da qualidade do solo tem dimensão espacial e temporal. O intervalo entre medições para que o indicador avalie mudanças, portanto, depende do tempo necessário para que dado manejo produza alterações quantificáveis e sua frequência no espaço deve considerar as variações espaciais provocadas pelo solo (Reichert et al., 2003).

## CONCLUSÕES

A cultura que apresentou maior eficiência na melhoria da qualidade química do solo foi o feijão-guandu, tanto em nível quanto em desnível.

Os atributos físicos foram pouco influenciados com a utilização de plantas de cobertura, nos diferentes sistemas de manejo.

O solo mantido sem vegetação apresentou redução da qualidade química do solo e pouca alteração dos atributos físicos.

## LITERATURA CITADA

ABREU, S. L.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Escarificação mecânica e biológica para a redução da compactação em Argissolo franco-arenoso sob plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 28:519-531, 2004.

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. R. Bras. Ci. Solo, 25:157-165, 2001.

ALBUQUERQUE, J.A.; ARGENTON, J.; BAYER, C.; WILDNER, L.P. & KUNTZE, M.A.G. Relação de atributos do solo com a agregação de um Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de verão para cobertura do solo. R. Bras. Ci. Solo, 29:415-424, 2005.

ALBUQUERQUE, J.A.; REINERT, D.J. & FIORIN, J.E. Variabilidade de solo e planta em Podzólico Vermelho- Amarelo. R. Bras. Ci. Solo, 20:151-157, 1996.

ALCÂNTARA, F. A de; FURTINI NETO, A E.; PAULA, M. B. de; MESQUITA, H. A. de; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, 35:277-288, 2000.

ALVARENGA, R.C.; COSTA, L.M.; MOURA FILHO, W. & REGAZZI, A.J. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. Pesq. Agropec. Bras. 30:175-185, 1995.

ALVARENGA, R.C.; FERNANDES, B.; SILVA, T.C.A.; RESENDE, M. Estabilidade de agregados de um Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo e de manejo da palhada do milho. R. Bras. Ci. Solo, 10:273-277, 1986.

ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; CANTARUTI, R.B. & LOPES, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H. Recomendações



para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 359p.

ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S.; SUZUKI, L. E. A. S. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em recuperação. R. Bras. Ci. Solo 31:617-625, 2007.

AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. R. Bras. Ci. Solo 25:189-197, 2001.

ANDRADE, R da S. Efeito de culturas de cobertura na qualidade física do solo sob plantio direto. Goiânia: UFG, 2008. 78p. Tese Doutorado.

ANDRADE, R. da S.; STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient., 13: 411-418, 2009.

ARGENTON, J.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; WILDNER, L. do P. Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. R. Bras. Ci. Solo, 29:425-435, 2005.

BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. R. Bras. Ci. Solo, 21:105-112, 1997.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. & MARTIN NETO, L. Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO<sub>2</sub>. R. Bras. Ci. Solo, 24:599-607, 2000.

BLAKE, G.R. & HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A., ed. Methods of soil analysis. Part 1. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, 1986a. p.363-375.

BOER, C. A.; ASSIS, R. L. de; SILVA, G. P.; BRAZ, A J. B. P.; BARROSO, A. L. de L.; CARGNELUTTI FILHO, A; PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. *Pesq. Agropec. Bras.*, 42:1269-1276, 2007.

BURLE, M.L.; MIELNICZUK, J. & FOCCHI, S. Effect of cropping systems on soil chemical characteristics, with emphasis on soil acidification. *Plant Soil*, 19:309-316, 1997.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULIZANI, E. A.; COSTA, M. B. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. Aspectos gerais da adubação verde. In: *Adubação verde no sul do Brasil*. Coordenação: BALTASAR, M. B. C.. 2. Ed., Rio de Janeiro, AS-PTA, p. 1-55, 1993.

CARDOSO, D. P. Desempenho de plantas de cobertura no controle da erosão hídrica no sul de Minas Gerais. Universidade Federal de Lavras, 2009. 100p. (Tese de Doutorado).

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D. de; REIS, E. F. dos; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. de. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. *R. Bras. Ci. Solo*, 33:147-157, 2009.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O. & PODANOSCHI, A.L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotação de culturas e métodos de preparo das amostras. *R. Bras. Ci. Solo*, 22:527-538, 1998.

DA ROS, C.O.; SECCO, D.; FLORIN, J.E.; PETRERE, C.; CADORE, M.A. & PASA, L. Manejo do solo a partir de campo nativo: Efeito sobre a forma e estabilidade da estrutura ao final de cinco anos. *R. Bras. Ci. Solo*, 21:241- 247, 1997.

DANIELSON, R.E. & SUTHERLAND, P.L. Porosity. In: KLUTE, A., ed. *Methods of soil analysis*. 2.ed. Part 1. Madison, American Society of Agronomy, 1986. p.443-461.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FARIA, C. M. B.; SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. S. Adubação verde com leguminosas em videira no submédio São Francisco. R. Bras. Ci. Solo, 28:641-648, 2004.

FERREIRA, D.F. Sistema de análises de variância para dados balanceados. Lavras: Ufla, 2000. (SISVAR 4. 1. pacote computacional).

FOSTER, G.R. Modeling the erosion process. In: HAAN, C.T.; JOHNSON, H.P.; BRAKENSIEK, D.L. (Ed.). Hydrologic modeling of small watersheds. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineering, 1982. p.297-380. (Monograph, 5).

GAMA-RODRIGUES, A. C. da; GAMA-RODRIGUES, E. F. da; BRITO, E. C. de. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho-Amarelo na região noroeste Fluminense (RJ). R. Bras. Ci. Solo, 31:1421-1428, 2007.

GENRO JÚNIOR, S. A. Alteração da compactação do solo com o uso de rotação de culturas no sistema plantio direto. Santa Maria: UFSM, 2002. 90p. (Dissertação Mestrado).

GROHMANN, F. Distribuição do tamanho de poros em três tipos de solo do Estado de São Paulo. Bragantia, 19:319-328, 1960.

HARRIS, R.F.; KARLEN, D.L. & MULLA, D.J.A. A conceptual framework for assessment and management of soil quality and health. In: DORAN, J.W. & JONES, A.J., eds. Methods for assessing soil quality.

Madison, Soil Science Society of America. 1996. p.61-82 (SSSA Special publication, 49).

KEMPER, W.D.; ROSENAU, R.C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. (Ed.). Methods of soil analysis. Madison : American Society of Agronomy, 1986. part 1, p.425-442. (ASA Agronomy, 9).

KIEHL, E.J. Manual de edafologia - relações solo-planta. São Paulo, Agronômica Ceres, 1979. 264p.

LIMA, J. M.; CURI, N.; RESENDE, M.; SANTANA, D. P. Dispersão do material de solo em água para avaliação indireta da erodibilidade de latossolos. R. Bras. Ci. Solo, 14:85-90, 1990.

MORETI, D.; ALVES, M.C.; VALÉRIO FILHO, W.V.; CARVALHO, M. de P. e. Atributos químicos de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo, adubações e plantas de cobertura. R. Bras. Ci. Solo, 31:167- 175, 2007.

NASCIMENTO, I. T.; SILVA, I. de F. da; SANTIAGO, R. D.; SILVA NETO, L. de F. da. Efeito de leguminosas nos atributos físicos e carbono orgânico de um Luvissole. R. Bras. Ci. Solo, 29:825-831, 2005.

OLIVEIRA, T.K.; CARVALHO, G.J.; MORAES, R.N.S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. Pesq. Agrop. Bras., 37:1079-1087, 2002.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. & BRAIDA, J.A. Qualidade do solo e sustentabilidade de sistemas agrícolas. R. Ci. Amb., 27:29-48, 2003.

ROSA, J. D.; MAFRA, A L.; NOHATTO, M. A; FERREIRA, E. Z.; OLIVEIRA, O. L. P. de; MIQUELLUTI, D. J.; CASSOL, P. C.; MEDEIROS, J. C. Atributos químicos do solo e produtividade de videiras alterados pelo manejo de coberturas verdes na Serra Gaúcha. R. Bras. Ci. Solo, 33:179-187, 2009.

SCOTT, S. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, Washington, 30:507-512, 1974.

SILVA, M. L. N.; BLANCANEUX, P.; CURI, N.; LIMA, J. M.; MARQUES, J. J. G. S. M.; CARVALHO, A. M. Estabilidade e resistência de agregados de um Latossolo Vermelho-Escuro cultivado com sucessão milho-adubo verde. *Pesq. Agropec. Bras.*, 33:97-103, 1998.

SOUSA NETO, E.L.; ANDRIOLI, I.; BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F. Atributos físicos do solo e produtividade de milho em resposta a culturas de pré-safra. *Pesq. Agropec. Bras.* 43:255-260, 2008.

SOUZA, Z.M. Propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro de Selvíria (MS) sob diferentes usos e manejos. Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, 2000. 127p. (Tese de Mestrado).

WISCHMEIR, W. H. and SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning. Washington, 58 p. (*Agriculture Handbook*, 537), 1978.

### ARTIGO 3

## PERDA DE SOLO, ÁGUA, NUTRIENTES E CARBONO ORGÂNICO, POR EROÇÃO HÍDRICA, EM ÁREAS CULTIVADAS COM PLANTAS DE COBERTURA, NO SUL DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Normas da Revista Bragantia (versão preliminar)

Adriana Cristina Dias, Marx Leandro Naves Silva, Nilton Curi, Diego Antônio de França Freitas, Rodrigo Magalhães Marques e Gabriel José de Carvalho.

### RESUMO

A erosão hídrica é responsável por perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico do solo, constituindo importante aspecto do planejamento conservacionista. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar a influência de três plantas de cobertura (feijão-guandu, feijão-de-porco e milho), em dois sistemas de manejo (plantio em nível e em desnível no sentido do declive), e uma parcela sem cobertura vegetal, mantida como testemunha, sobre as perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico por erosão hídrica. O experimento foi conduzido em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, no município de Lavras, MG. Para a quantificação das perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico, utilizaram-se parcelas de 4 x 12 m em que a maior dimensão obedeceu ao sentido do declive. As plantas de cobertura utilizadas reduziram as perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico. Uma melhor cobertura do solo é requerida nos meses de dezembro e janeiro, pois são os meses com maior número de chuvas erosivas e erosividade. O plantio em nível é recomendado como uma prática adequada para reduzir a erosão hídrica. O feijão-de-porco, quando cultivado em nível, foi a cultura que propiciou o melhor controle da erosão hídrica, dentre as plantas de cobertura utilizada e os sistemas de plantio utilizados.

**Palavras-Chave:** conservação do solo, sistemas de manejo, índice de cobertura.

### ABSTRACT

Water erosion is responsible for losses of soil, water, nutrients and organic carbon of soil, constituting an important aspect of the conservation planning. Thus, it was aimed with this work to evaluate the influence of three cover crops (pigeon pea, jack bean and millet) in two management systems (contour planting and up and downslope planting towards the slope), and a plot without a plant cover, maintained as a control . The experiment was conducted in a Dystrophic Yellow Red Podzolic, in the municipality of Lavras, MG. for the quantification of the losses of soil, water and nutrients, plots of 4 x 12 m were used, in which the largest dimension obeyed the direction of the slope. The cover crops used reduced the losses of soil, water, nutrients and organic carbon. An improved soil cover is required during the months of December and January, for they are the months of greatest number of erosion-causing rains and erosivity. Contour-planting is advised as a practice adequate for reducing water erosion. The jack bean when contour-cultivated was the crop which provided the best control of water erosion, among the cover plants used and the planting systems utilized.

**Keywords:** soil conservation, management systems, cover ratio.

## INTRODUÇÃO

Com a necessidade de produzir mais alimentos para uma população em constante crescimento, houve uma intensificação no uso dos solos, o que levou algumas áreas das várias regiões do país ao seu desgaste e empobrecimento acelerado. O homem interfere significativamente na intensidade dos processos erosivos, sendo que práticas como o plantio direto e o cultivo em nível são capazes de reduzir a magnitude destes processos.

O impacto das gotas de chuva sobre a superfície do solo constitui o ponto inicial da erosão hídrica, sendo um dos principais problemas relacionados ao manejo dos solos no país (SILVA et al., 2005). Em localidades onde a erosividade da chuva é elevada e a superfície do solo se encontra desprovida de cobertura vegetal, pode ocorrer grande degradação com consequentes perdas de solo, água, nutrientes e carbono, fatores essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas (CARDOSO et al., 2012).

Frente à importância que o fenômeno apresenta, diversos estudos têm sido realizados no intuito de se avaliar como os diferentes tipos de manejo do solo têm influenciado nas perdas por erosão (COGO et al., 2003; BERTOL et al., 2004;; SILVA et al., 2005; AGUIAR et al., 2006). Conforme BERTOL et al. (2007), independentemente do sistema de manejo empregado o custo referente às perdas anuais na forma de adubos pela erosão hídrica, é relativamente elevado.

Na região Sul do Estado de Minas Gerais, onde a topografia é declivosa, a precipitação é erosiva e concentrada e o tipo de solo favorece o processo erosivo, torna-se importante o uso de técnicas alternativas para o controle da erosão, como o uso de plantas de cobertura para uma melhor proteção da superfície do solo. COGO et al. (2003) consideram que a persistência da cobertura vegetal na proteção da superfície do solo depende do grau de incorporação dos resíduos culturais e do método de preparo do solo.



Segundo CASTRO et al. (2011) as plantas de cobertura influenciam na redução da erosão hídrica, entretanto, o desenvolvimento vegetativo destas plantas, principalmente rapidez de crescimento e eficiência na cobertura do solo, está relacionada às características morfológicas das folhas (tamanho e ângulo de disposição em relação ao colmo), tamanho das copas, desenvolvimento radicular, hábito de crescimento, além do resíduo cultural deixado na superfície. Uma vez que nenhuma espécie apresenta todas estas qualidades, opta-se por aquelas que apresentem ao menos uma boa parte delas.

A velocidade com que determinada espécie cobre 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 a erosão. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar as perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico, em diferentes sistemas de manejo (nível e desnível do sentido da declividade do terreno) com e sem cobertura vegetal, além de relacionar estas perdas com o índice de cobertura do solo para as espécies vegetais utilizadas.

## MATERIAL E MÉTODOS

As parcelas experimentais foram instaladas em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2006), no município de Lavras, MG, localizado nas coordenadas geográficas de 21°13'44'' de latitude sul e 44°57'50'' de longitude oeste, com altitude de 925 m. O clima é classificado como Cwa pela classificação climática de Köppen, caracterizado por verão chuvoso e inverno seco e precipitação média anual de 1.530 mm e temperatura média anual de 19,4 °C.

Para a determinação da erosividade, utilizaram-se os dados pluviométricos de precipitação de 10 em 10 min, referentes ao período de dezembro de 2010 a março de 2011, obtidos na Estação Climatológica Principal de Lavras. Posteriormente, calculou-se a energia cinética total de chuvas, conforme WISCHMEIER e SMITH (1958). O índice EI<sub>30</sub> foi obtido a partir da multiplicação da energia cinética total (somatório dos segmentos erosivos de chuva) pela máxima intensidade ocorrida em um período consecutivo de 30 min (I<sub>30</sub>). São consideradas chuvas individuais aquelas separadas por mais de 6 horas com precipitação pluvial menor que 1 mm. As chuvas com menos de 10 mm ou com intensidade máxima menor que 24 mm h<sup>-1</sup>, em 15 minutos ou energia cinética menor que 3,6 MJ, conforme DE MARIA (1994) são consideradas não-erosivas.

No campo foram instaladas sete parcelas experimentais, sendo seis cultivadas com plantas de cobertura: milho (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown), feijão-guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp), e feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC), plantadas em nível e em desnível no sentido do declive, além de uma parcela sem cobertura vegetal, utilizada como testemunha. As plantas de cobertura foram semeadas no final de novembro de 2010, no espaçamento de 0,5 m entre as linhas e não foram realizados adubações e tratamentos fitossanitários durante todo ciclo das culturas.

Para a determinação do índice de cobertura vegetal (IC) adotou-se a metodologia descrita por STOCKING (1988), através da utilização de um aparato com 19 orifícios de 9 mm de diâmetro cada, espaçados 10 cm entre cada um e dispostos em uma régua com 2,0 m de comprimento e de 1,20 m de altura do solo. As leituras foram realizadas de formas aleatórias e diagonais às linhas de plantio, em três repetições por parcela. Foi atribuído o valor 0 (zero) para o solo desnudo ou com restos de vegetação, 0,5 para a vegetação parcialmente formada e 1,0 para a vegetação em seu estado natural. Essas determinações foram realizadas de 15 em 15 dias, desde o plantio até a fase final do ciclo. Os dados obtidos para o IC foram submetidos à análise de variância e quando significativos, utilizou-se o teste de médias segundo SCOTT-KNOTT (1974),  $p > 0,05$  de significância, com o auxílio do sistema computacional SISVAR<sup>®</sup> desenvolvido por FERREIRA (2000).

As avaliações das perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico (CO) foram realizadas sob chuva natural em parcelas de 4 x 12 m, delimitadas por chapas galvanizadas de 0,40 m de largura, enterradas em 0,20 m. Na extremidade inferior das parcelas foram instaladas caixas coletoras com divisores tipo Geib em que apenas 1/9 da água da enxurrada coletada era transferido para a segunda caixa (COGO, 1978 a,b). As coletas foram realizadas a cada evento de chuva considerada erosiva, segundo metodologia descrita por COGO (1978 a,b).

Para a quantificação das perdas de nutrientes e CO, causadas pelo escoamento superficial, foram analisadas as concentrações de P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e CO, contidos nos sedimentos da enxurrada. O potencial de arraste de sedimentos (PAS) do solo foi calculado dividindo-se as perdas de solo em t ha<sup>-1</sup>, pelas perdas de água em mm (MARTINS et al., 2003). A taxa de enriquecimento da enxurrada (TEE) foi determinada dividindo-se os teores dos nutrientes

contidos nos sedimentos da enxurrada, pelos teores determinados na análise de solo (HERNANI et al., 1999; SILVA et al., 2005).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores mensais e totais da precipitação e da erosividade da chuva durante o período do estudo são apresentados na Tabela 1. Observa-se que 60% das chuvas ocorridas foram consideradas erosivas, enquanto 40% foram consideradas não erosivas. Em relação ao volume observa-se que 96,72% da precipitação total no período de estudo correspondem às chuvas erosivas e 3,28% referem-se ao volume de chuva não erosiva. No mês de dezembro, ocorreu a maior incidência de precipitação total, precipitação erosiva e erosividade, seguido do mês de janeiro, março e fevereiro. Portanto nos meses de dezembro e janeiro devem ser tomados maiores cuidados com a conservação do solo evitando que a superfície do solo fique exposta.

O mês de fevereiro apresentou o menor valor para as precipitações, chuvas erosivas e erosividade, porém o valor registrado para a erosividade no mês de fevereiro ainda está acima do valor considerado crítico que é de  $500 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$  (RUFINO, 1986).

Resultados semelhantes foram apresentados por SILVA et al. (2010), mostrando que a média mensal do índice de erosividade foi maior no período de maior precipitação, que em seus trabalhos compreenderam os meses iniciais do ano (janeiro a março) e os meses finais (novembro e dezembro), contribuindo, em média, com 83% do valor da erosividade total para o período de estudo. SILVA et al., 2005; CASTRO et al., 2011 e CARDOSO et al., 2012 têm encontrado maior potencial erosivo da chuva no período de novembro a março para a região sul do estado de Minas Gerais.

Na tabela 2 observa-se o índice de cobertura vegetal (IC) em função dos dias após a semeadura (DAS) sob feijão-guandu, feijão-de-porco e milho, em duas disposições de plantio – nível e desnível.

De modo geral, o sistema de plantio, em nível ou no sentido da declividade do terreno, não influenciou o crescimento das plantas de cobertura. O feijão-de-porco apresentou crescimento inicial mais rápido que as demais plantas de cobertura, fato este observado dos 29 aos 41 DAS, além de apresentar o maior índice médio de cobertura do solo, sendo esta a cultura que mais protegeu a superfície do solo da ação erosiva das chuvas. Segundo CARDOSO 2009, o feijão-de-porco é a espécie com maior potencial no controle dos processos erosivos, pois propicia as menores perdas de solo, água e nutrientes. Diante do exposto infere-se que após o preparo do solo, quanto maior a velocidade com que uma espécie recobre o solo, mais efetiva ela será no controle da erosão.

O menor índice médio de cobertura vegetal foi observado no milheto, possivelmente porque este apresenta crescimento inicial mais lento e porte ereto. SODRÉ FILHO et al (2004) encontraram resultados de índice de cobertura baixos para o milheto, observando que seu crescimento nos primeiros 30 DAS foi lento. LOPES et al. (1987) destacam que plantas com IC médio acima dos 30% podem ser consideradas com boa eficácia na redução das perdas de solo por erosão hídrica; como o milheto apresentou índice médio de cobertura do solo abaixo de 30%, essa cultura não foi considerada como boa protetora do solo.

Na Tabela 3 observam-se os valores de perdas mensais e totais de solo, sob feijão-guandu, feijão-de-porco e milheto, em duas disposições de plantio – nível e desnível, além da parcela descoberta. Com exceção das parcelas cultivadas com feijão-guandu e feijão-de-porco, ambas em nível, as perdas mensais de solo seguiram a tendência: março > dezembro > janeiro > fevereiro. No mês de março provavelmente os solos apresentavam-se com maior umidade antecedente, havendo redução da taxa de infiltração de água, e conseqüentemente, aumento no escoamento superficial, culminando com valores elevados de perda de solo. SILVA et al. (2009) concluíram que os maiores riscos em relação à erosão hídrica

encontram-se entre novembro e março, devido ao maior potencial erosivo das chuvas e à maior umidade antecedente do solo neste período.

Para o feijão-guandu e o feijão-de-porco plantado em nível, as perdas de solo foram maiores na seguinte ordem: dezembro > março > janeiro > fevereiro. Mesmo com o solo provavelmente com maior umidade antecedente no mês de março, a cobertura vegetal propiciada pelo feijão-guandu e feijão-de-porco, ambos plantados em nível, foi eficiente no controle da erosão hídrica. Em dezembro as perdas são altas devido a elevada precipitação, erosividade e incipiência de cobertura vegetal. No mês de janeiro, há alta erosividade, alta precipitação, mas o solo se encontra coberto por vegetação, que está sendo estabelecida. No mês de fevereiro se observou as menores perdas, coincidindo com as menores precipitações e erosividades do período de estudo e a vegetação já se encontrava estabelecida, protegendo o solo contra o impacto das gotas de chuva. Vários autores relatam em seus trabalhos, que no dezembro ocorrem as maiores perdas de solo, devido à alta precipitação e erosividade (CARVALHO et al., 2009; SILVA et al., 2009; SILVA et al., 2010).

As perdas totais de solo variaram de 0,7205 a 7,673 Mg ha<sup>-1</sup> e apresentaram a seguinte tendência: solo descoberto > milho em desnível > milho em nível > feijão guandu em desnível > feijão-de-porco em desnível > feijão-guandu em nível > feijão-de-porco nível. O preparo do solo utilizando práticas conservacionistas, como o plantio em nível, foi mais eficiente na diminuição das perdas de solo, nas três plantas de cobertura utilizadas. Resultados semelhantes foram encontrados por CARVALHO et al. (2009), ao avaliar as perdas de solo por erosão hídrica sob mucuna, crotalária, milho em nível, milho morro abaixo e solo descoberto, para diferentes tipos de preparo do solo, em um Argissolo Vermelho-Amarelo, no Município de Seropédica, RJ, encontrando os maiores valores de perda de solo para o milho plantado em

desnível no terreno ( $12.399 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), ocorrendo intensificação do processo de erosão em sulcos.

Atribuindo-se o valor 100, para o solo descoberto, que foi aquele que apresentou os maiores valores de perda de solo ( $7,6735 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), poder-se-ia estabelecer uma série percentual de números índice relativo às perdas de solo que cada planta de cobertura e sistema de manejo proporciona: solo descoberto, 100 % de perda; milho em desnível, 56,52 %; milho em nível, 50,07 %; feijão guandú em desnível, 43,83 %; feijão de porco em desnível, 36,56 %; feijão guandú em nível, 30,24 % e feijão de porco em nível, 9,38 %. Desta forma, percebe-se a considerável diferença entre as quantidades de perda de solo, para cada um dos tipos de cultura e sistema de plantio adotado, evidenciando a vantagem do sistema em nível na diminuição do processo erosivo. Em consequência, torna-se possível indicar, com bastante segurança, a prática do cultivo em nível. O cultivo em nível propicia menor velocidade e tensão cisalhante do escoamento superficial, reduzindo sua capacidade de transporte e de desprendimento das partículas de solo.

De forma análoga ao que foi observado para as perdas de solo, as perdas mensais de água (Tabela 4) para o período de estudo foram: março > dezembro > janeiro > fevereiro, exceto para o feijão-de-porco em nível, onde as maiores perdas de água ocorreram no mês de dezembro, seguido do mês de março, janeiro e fevereiro. Tal quadro pode estar indicando que as chuvas de dezembro, janeiro e fevereiro contribuíram para elevar a umidade do solo, favorecendo assim um aumento no escoamento superficial durante o mês de março, devido a uma baixa taxa de infiltração. AGUIAR et al. (2006) estudando como os sistemas agroflorestais reduzem a intensidade da ação dos agentes erosivos, observaram que as perdas de sedimentos e água concentraram-se no mês de abril, devido a umidade antecedente do solo.



As perdas totais de água no Argissolo Vermelho-Amarelo estudado variaram de 28,20 a 90,41 mm e decresceram na mesma ordem observada para as perdas de solo: testemunha > milho em desnível > milho em nível > feijão-guandu em desnível > feijão-de-porco em desnível > feijão guandú em nível > feijão-de-porco nível.

As perdas anuais de água apresentaram tendências semelhantes às de solo, quanto à eficácia dos tratamentos, mantendo uma relativa dependência com os volumes anuais de chuva precipitados. A ausência de proteção do solo devido à remoção da cobertura vegetal combinada aos períodos de maior precipitação e maior erosividade tornou o horizonte A mais suscetível à enxurrada, aumentando-se as perdas de solo e de água, o que está em acordo com COGO et al. (2003), que afirmam que a cobertura vegetal oferece a proteção necessária ao solo durante chuvas altamente erosivas.

O feijão-de-porco, quando plantado em nível foi a planta de cobertura que apresentou maior potencial de controle das perdas de solo e de água. Já o milho, dentre as culturas avaliadas, foi aquela que apresentou menor eficiência no controle da erosão hídrica, independente da sua disposição de plantio. Resultados semelhantes foram encontrados por CARDOSO et al. (2012), na qual o autor afirma ser feijão-de-porco a espécie com melhor desempenho no controle do processo erosivo para a região sul do estado de Minas Gerais. O autor afirma ainda que o milho quando plantado no espaçamento de 0,5 m possui baixa produtividade de fitomassa, que não são suficientes para amortecer os impactos da gota de chuva sobre a superfície do solo.

Semelhante às perdas de solo, ao atribuir o valor 100 para o solo descoberto, que foi aquele que apresentou os maiores valores de perda de água (90,41 mm), poder-se-ia estabelecer uma série percentual de números índice relativo às perdas de água que cada planta de cobertura e sistema de manejo proporciona: solo descoberto, 100% de perda; milho em desnível. 90,99 %;

milheto em nível, 89,99 %; feijão guandú em desnível, 87,49 %; feijão de porco em desnível, 86,75 %; feijão guandú em nível, 86,48 % e feijão de porco em nível, 31,19 %. OLIVEIRA (2008) encontrou resultados mais elevados de escoamento superficial em solo descoberto e redução da velocidade e do volume de escoamento em plantios em nível, pois estes últimos favorecem a infiltração da água no solo através do parcelamento do comprimento de rampa e aumento da rugosidade do terreno e da capacidade de retenção de água.

Um dos fatores que contribuem para as perdas de solo e água no sistema de manejo é disposição a favor do declive (morro abaixo), pois o mesmo promove um aumento da energia cinética do escoamento superficial, permitindo remover uma quantidade muito maior de solo, quando comparado com seu plantio em nível do terreno.

O potencial de arraste de sedimentos (PAS) variou de  $0,0849 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$  na parcela descoberta mantida como testemunha a  $0,0255 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$  no cultivo sob feijão-de-porco em nível (Figura 1). Assim como ocorreu para as perdas de solo e de água, o feijão-de-porco, em nível, foi a cultura que melhor proteção ofereceu ao solo, corroborando com os baixos valores de PAS encontrados. O feijão-de-porco é uma planta que apresenta porte rasteiro e folhas alternas, com folíolos grandes elíptico-ovais intercaladas entre si, protegendo a superfície do solo do impacto da gota de chuva, reduzindo o escoamento superficial e, conseqüentemente, essa é uma planta muito eficaz no controle da erosão do solo, independente da disposição de plantio.

Estes resultados concernem com os obtidos por outros autores (MARTINS et al., 2010; CARDOSO, et al., 2012) e mostram a importância da cobertura vegetal na interceptação das gotas de chuva e conseqüentemente na redução das perdas de solo e de água, por erosão hídrica. É de se esperar que as perdas de solo e de água diminuam à medida que a cultura se desenvolve e passe a proteger o solo mediante o aumento da cobertura. À medida que se aumenta a

porcentagem de cobertura do solo, há uma redução acentuada da erosão hídrica, avaliada pelas perdas de solo, e de água (Figura 2 e 3, respectivamente).

As concentrações dos nutrientes (P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup> e Mg<sup>+2</sup>) e do carbono orgânico (CO) nos sedimentos da enxurrada e no Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico se encontram, respectivamente, nas Tabelas 5 e 6. Dividindo-se os teores dos nutrientes contidos nos sedimentos da enxurrada (Tabela 5), pelos teores determinados na análise de solo (Tabela 6), se obtém a taxa de enriquecimento da enxurrada (TEE) apresentada na Tabela 7. TEE maiores do que 1,0 indicam que a concentração no sedimento erodido foi sempre maior do que no solo original, caracterizando a seletividade de arraste de material no processo da erosão hídrica, que transporta principalmente as partículas mais finas, as frações mais reativas do solo e, conseqüentemente, com maior capacidade de carrear nutrientes e carbono orgânico (HERNANI et al., 1999; SILVA et al., 2005).

Não houve enriquecimento de Ca<sup>+2</sup> e Mg<sup>+2</sup> na enxurrada dos solos sob feijão-guandu (nível e desnível), feijão-de-porco (nível e desnível) e milheto (nível e desnível). Já o solo mantido descoberto não apresentou enriquecimento da enxurrada em Ca<sup>+2</sup> e Mg<sup>+2</sup>, tampouco em P. O não enriquecimento em P, no sedimento da enxurrada em solos sob parcela descoberta, foi devido às baixas concentrações do nutriente na análise de solo (Tabela 6). O Ca<sup>+2</sup> e Mg<sup>+2</sup> são os nutrientes perdidos em maior quantidade em solução, devido a sua alta mobilidade no perfil do solo. São nutrientes móveis, passíveis de lixiviação em profundidade, sendo menos sujeitos à perda por escoamento superficial não enriquecendo, portanto, a enxurrada do solo dos tratamentos estudados.

O milheto, plantado em desnível no terreno, apresentou as maiores TEE da enxurrada em P (6,7), K<sup>+</sup> (3,2) e MO (2,7). Seguindo a tendência das perdas de solo, de água e do PAS, era de se esperar que o solo descoberto apresentasse maior TEE. O mesmo não aconteceu devido às menores concentrações de P, K<sup>+</sup>,

$\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , na parcela mantida com solo descoberto, em comparação com as demais parcelas, segundo análise de solo (Tabela 6). O P foi o nutriente que apresentou o maior incremento no sedimento da enxurrada. Estes resultados concordam com os encontrados por CARDOSO (2009) e relacionando tal comportamento à adsorção de P aos colóides do solo.

Na Tabela 8 estão apresentados os resultados das perdas de nutrientes e CO no sedimento da erosão de um Argissolo Vermelho-Amarelo, no município de Lavras, MG. Para a discussão dos dados, admitiu-se que o sedimento removido das parcelas pela erosão foi o da camada de 0–20 cm de profundidade e comparou-se a composição química do sedimento erodido (Tabela 6) com a do solo original (condição de solo anterior à instalação do experimento) na mesma profundidade (Tabela 5).

O P foi o nutriente perdido em menor quantidade no presente estudo, corroborando com os resultados obtidos por OLIVEIRA (2008). Segundo CARDOSO (2009), a precipitação e a adsorção do P reduziram sua quantidade na solução do solo motivo pelo qual foi o nutriente perdido em menor quantidade no sedimento erodido. A parcela mantida como testemunha, obteve valores muito pequenos de perda de P, apesar de perdas de solo elevadas, provavelmente devido à baixa concentração deste elemento na análise química dos sedimentos (Tabela 6).

Em relação ao  $\text{K}^+$ , a perda deste elemento está relacionada aos teores mais elevados deste nutriente no solo (Tabela 7) e a menor capacidade de sua fixação pelos minerais argilosos destes solos, o que facilita o seu transporte pela água da enxurrada. Trabalhos de AGUIAR et al. (2006) encontraram resultados semelhantes, ao afirmar que em geral, a perda total de  $\text{K}^+$  é elevada e pode ocorrer devido a solubilidade do  $\text{K}^+$  o que facilita o transporte pela água e, principalmente é função de seu teor no solo.

O  $\text{Ca}^{2+}$  foi o nutriente perdido em maior quantidade no solo em todos os tratamentos estudados, nas duas disposições de plantio. SILVA et al., (2005) e OLIVEIRA (2008) observaram em seus trabalhos que o  $\text{Ca}^{+2}$  foi o nutriente que apresentou maior perda, sendo estas decorrentes da maior concentração deste nutriente no solo. Tanto o  $\text{Ca}^{+2}$  quanto o  $\text{Mg}^{+2}$  são nutrientes facilmente lixiviáveis.

As concentrações de  $\text{Mg}^{2+}$  no solo e no sedimento foram maiores que as concentrações de  $\text{K}^+$ , porém as perdas de  $\text{K}^+$  foram superiores às perdas de  $\text{Mg}^{2+}$  nos tratamentos estudados, excetuando-se o feijão-guandu em nível.

Este fato pode ser explicado, provavelmente, devido à ordem de preferência de troca de cátions no solo (série liotrópica), na qual há preferência aos íons  $\text{Mg}^{2+}$  em detrimento dos íons  $\text{K}^+$ , ficando este mais passível de lixiviação. Como no feijão-de-porco em nível as perdas de solo foram reduzidas, não se observou este fato, ficando a perda de nutrientes sob a ação das concentrações dos mesmos no solo e no sedimento.

As maiores perdas de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  foram observadas no solo mantido descoberto. Entre as diversas variáveis que interferem no processo de erosão, a cobertura vegetal é o fator isolado que exerce maior influência.

Em geral as perdas de nutrientes no sedimento de erosão apresentaram a mesma sequência observada por SILVA et al. (2005), HERNANI et al. (1999) e AGUIAR et al. (2006) ou seja  $\text{Ca} > \text{K} > \text{Mg} > \text{P}$ . e seguem tendências semelhantes às perdas de solo e de água, como relatado por AGUIAR et al., 2006.

A concentração de CO no sedimento erodido foi maior que a concentração do solo. Resultados semelhantes foram encontrados por BERTOL et al., 2004 e SILVA et al., 2005. Os autores afirmam que esses resultados podem ser explicados pela alta afinidade existente entre a fração argila o CO, propiciando uma erosão com caráter seletivo, sendo que a fração coloidal e a

matéria orgânica são os primeiros constituintes a serem removidos pela erosão hídrica, tendo em vista a sua baixa densidade.

O feijão-de-porco foi a planta de cobertura que propiciou as menores perdas de P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> e CO, quando plantado em nível. De modo geral, as demais plantas de cobertura, quando plantadas em nível, propiciaram menores perdas de CO e nutrientes, quando comparadas com seu plantio no sentido da declividade do terreno, sendo que resultados semelhantes foram encontrados por SILVA et al. (2005) e CARDOSO (2009).

Como o CO foi o constituinte encontrado em maior quantidade no sedimento erodido, torna-se importante enfatizar a necessidade de práticas conservacionistas que reduzam a ação erosiva da chuva, mantendo esta fração orgânica no solo, uma vez que ela é importante na manutenção da sua estrutura, retenção de umidade e capacidade de troca de cátions, entre outros atributos (SILVA et al., 2005), corroborando com os resultados obtidos no presente estudo.

## CONCLUSÕES

Nos meses de Dezembro e Janeiro ocorrem as maiores incidências de chuvas erosivas, precipitações e erosividades.

As plantas de coberturas utilizadas reduziram as perdas de solo e água.

O plantio em nível é recomendado como uma prática que visa reduzir a erosão hídrica.

O feijão-de-porco, quando cultivado em nível, foi à cultura que propiciou o melhor controle da erosão hídrica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, M. I.; MAIA, S. M. F.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S.; ARAÚJO FILHO, J. A. Perdas de solo, água e nutrientes em sistemas agroflorestais no município de Sobral, CE. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, p. 270-278, 2006.

BERTOL, I.; COGO, N. P.; SCHICK, J.; GUADAGNIN, J. C.; AMARAL, A. J. Aspectos financeiros relacionados às perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.133-142, 2007.

BERTOL, I.; GUADAGNIN, J. C.; CASSOL, P. C.; AMARAL, A. J.; BARBOSA, F. T. Perdas de fósforo e potássio por erosão hídrica em um Inceptisol sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 485-494, 2004.

CARDOSO, D. P. **Desempenho de plantas de cobertura no controle da erosão hídrica no sul de Minas Gerais**. 2009. 100 p. Dissertação (Doutorado em Fitotecnia, área de concentração Produção Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CARDOSO, D. P.; SILVA, M. L. N.; CARVALHO, G. J.; FREITAS, D. A. F.; AVANZI, J. C. Plantas de cobertura no controle das perdas de solo, água e nutrientes por erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.6, p. 632–638, 2012.

CARVALHO, D. F. de; CRUZ, E. S. da; PINTO, M. F.; SILVA, L. D. B.; GUERRA, J. G. M. Características da chuva e perdas por erosão sob diferentes práticas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.13, n.1, p.3–9, 2009

CASTRO, N. E. A.; SILVA, M. L. N.; FREITAS, D. A. F.; CARVALO, G. J.; MARQUES, R. M.; GONTIJO NETO, G. F. Plantas de cobertura no controle da erosão hídrica sob chuvas naturais. **Biosciencie Journal**, v. 27, p. 775-785, 2011.

COGO, N. P. Uma contribuição à metodologia de estudo das perdas por erosão em condições de chuva natural: **I – Sugestões gerais, medição do volume, amostragem e quantificação de solo e água da enxurrada: 1ª Aproximação.**



In: Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo, 2., 1978, Passo Fundo. Anais... Passo Fundo: Embrapa- CNPT, 1978a. p.75-97.

COGO, N.P. Uma contribuição à metodologia de estudo das perdas por erosão em condições de chuva natural. **II. Alguns conceitos básicos e modelos de uma ficha para registro das características da chuva e perdas de solo e água** (1ª aproximação). In: Encontro Nacional de Conservação do Solo, 2., 1978, Passo Fundo. Anais. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1978b. p. 99-107.

COGO, N.P.; LEVIEN, R. & SCHWARZ, R.A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 743-753, 2003.

DE MARIA, I.C. **Cálculo da erosividade da chuva. In: Manual de programas de processamento de dados de campo e de laboratório para fins de experimentação em conservação do solo.** IAC/SCS, 1994. Não paginado.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FERREIRA, D.F. **Sistema de análises de variância para dados balanceados.** Lavras: Ufla, 2000. (SISVAR 4. 1. pacote computacional).

HERNANI, L. C.; KURIHARA, C. H.; SILVA, W. M. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.145-154, 1999.

LOPES, P. R.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa de tipo e quantidade de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 11, n. 1, p. 71-75, jan./abr. 1987.

MARTINS, S. G.; SILVA, M. L. N.; AVANZI, J. C.; CURI, N.; FONSECA, S. Fator cobertura e manejo do solo e perdas de solo e água em cultivo de eucalipto e em Mata Atlântica nos Tabuleiros Costeiros do estado do Espírito Santo. **Scientia Florestalis**, v. 38, p. 517-526, 2010.

MARTINS, S.G.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; FONSECA, S.; MARQUES, J.J.G.S.M. Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz (ES). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.395-403, 2003.

OLIVEIRA, A. H. **Erosão hídrica em florestas de eucalipto na região sudeste do Rio Grande do Sul**. 2008. 51 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

RUFINO, R. L. Avaliação do potencial erosivo da chuva para o estado do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.10, p.279-281, 1986.

SCOTT, A. J. and KNOTT, M. A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, p. 507-512, 1974.

SILVA, A. M.; SILVA, M. L.; CURI, N.; AVANZI, J. C.; FERREIRA, M. M. Erosividade da chuva e erodibilidade de Cambissolo e Latossolo na região de Lavras, sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 811-1820, 2009.

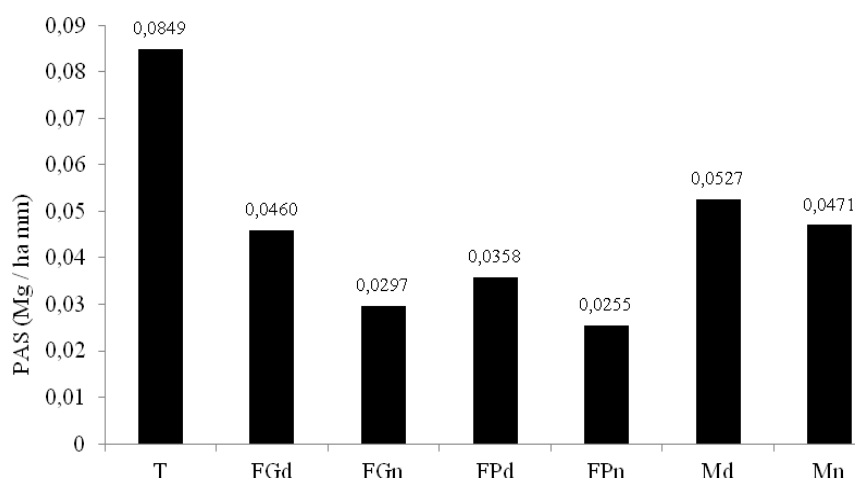
SILVA, M. A.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SANTOS, G. R.; MENEZES, M. D.; LEITE, F. P. Avaliação e espacialização da erosividade da chuva no Vale do Rio Doce, região centro leste do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1029-1039, 2010.

SILVA, A. M. SILVA M.L.N, CURI N., LIMA J.M, JUNIOR CESAR AVANZI, J.C. M. M. FERREIRA Perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico em Cambissolo e Latossolo sob chuva natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 40,p. 1223-1230, 2005.

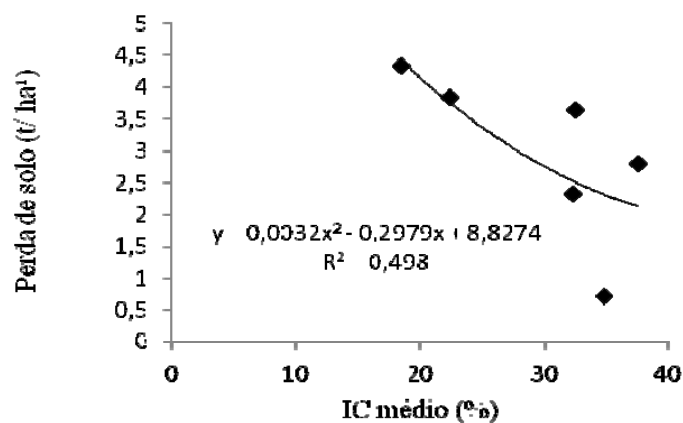
SODRÉ FILHO, J.; CARDOSO, A. N.; CARMONA, R.; CARVALHO, A. M. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 39, p. 327-334. 2004.

STOCKING, M. A. Assessing vegetative cover and management effects. In: LAL, R. (Ed.). **Soil erosion research methods**. Ankeny: Soil and Water Conservation Society, 1988. p. 163-185.

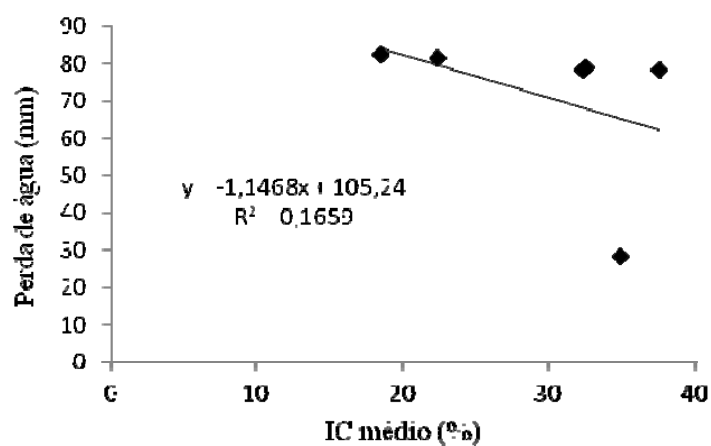
WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. **Rainfall energy and its relationship to soil loss**. Trans. Am. Geophys. Union, 39:285- 291, 1958.



**Figura 1.** Potencial de Arraste de Sedimentos (PAS) em solo sob parcela descoberta mantida como testemunha (T), feijão-guandu em desnível (FGd), feijão-guandu em nível (FGn), feijão-de-porco em desnível (FPd), feijão-de-porco em nível (FPn), milho em desnível (Md) e milho em nível (Mn), sob chuva natural, Lavras, MG.



**Figura 2.** Relação entre índice de cobertura médio e perdas de solo.



**Figura 2.** Relação entre índice de cobertura médio e perdas de água.

**Tabela 1.** Valores mensais, totais e médios das chuvas, precipitações e erosividade no período referente à dezembro de 2010 a março de 2011, no município de Lavras, MG.

Mês/ano	Número de Chuvas			Precipitação			
	Total	Eros.	NE	Total	Eros.	NE	Erosividade
Dez/2010	17	12	5	343,3	338,2	5,1	3.515,25
Jan/2011	15	12	3	340,4	334,9	5,5	2.074,84
Fev/2011	6	3	3	85,3	81,3	4,0	649,17
Mar/2011	17	6	11	303,7	283,1	20,6	1.078,82
Total	55	33	22	1.072,7	1.037,5	35,2	7.318,08

Precipitação: mm; Erosividade: MJmmha<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>mês<sup>-1</sup>

**Tabela 2.** Crescimento das plantas de cobertura representado pelo índice de cobertura (IC) em função dos dias após a semeadura de feijão-guandu em desnível (FGd), feijão-guandu em nível (FGn), feijão-deporco em desnível (FPd), feijão-deporco em nível (FPn), milho em desnível (Md) e milho em nível (Mn) em duas disposições de plantio (nível e desnível).

Culturas	DAS							Médias
	0	20	29	41	74	80	115	
	IC (%)							
FGd	0	14,91a	14,91b	21,93b	50,00a	54,39a	71,05a	32,46
FGn	0	13,16a	21,05b	23,68b	51,75a	40,25a	76,26a	32,33
FPd	0	19,30a	37,72a	36,84a	65,79a	53,51a	54,39b	37,48
FPn	0	11,40a	28,87a	35,09a	63,16a	52,63a	50,00b	34,83
Md	0	5,26 b	12,28b	11,40b	28,45a	29,82b	25,44c	18,43
Mn	0	7,02 b	14,04b	16,67b	46,49a	45,61a	30,70c	22,37
CV (%)	-	30,55	26,47	34,1	23,54	17,81	23,33	-
DP	-	2,09	3,26	4,78	6,92	4,87	6,83	-

As médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade; CV= Coeficiente de Variação; DP= Desvio Padrão.

**Tabela 3.** Perdas mensais e totais de solo ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) sob parcela descoberta mantida como testemunha (T), feijão-guandu em desnível (FGd), feijão-guandu em nível (FGn), feijão-deporco em desnível (FPd), feijão-deporco em nível (FPn), milho em desnível (Md) e milho em nível (Mn), sob chuva natural de um Argissolo Vermelho-Amarelo, sob chuva natural, no município de Lavras, MG.

Mês/ano	Tratamentos						
	T	FGd	FGn	FPd	FPn	Md	Mn
Dez/2010	2,1059	1,3956	1,3069	1,1263	0,3703	1,3440	1,1934
Jan/2011	0,9195	0,3282	0,2528	0,4199	0,1140	0,4241	0,3317
Fev/2011	0,1514	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0893	0,1182
Mar/2011	4,4967	1,9068	0,7605	1,2590	0,2362	2,4797	2,1882
Total	7,6735	3,6306	2,3202	2,8052	0,7205	4,3371	3,8315
Média	1,9184	0,9077	0,5801	0,7013	0,1801	1,0843	0,9571

**Tabela 4.** Perdas mensais e totais de água (mm) sob parcela descoberta mantida como testemunha (T), feijão-guandu em desnível (FGd), feijão-guandu em nível (FGn), feijão-de-porco em desnível (FPd), feijão-de-porco em nível (FPn), milho em desnível (Md) e milho em nível (Mn), sob chuva natural, em um Argissolo Vermelho-Amarelo, no município de Lavras, MG.

Mês/ano	Tratamentos						
	T	FGd	FGn	FPd	FPn	Md	Mn
Dez/2010	16,20	16,00	15,71	15,86	15,61	16,58	15,91
Jan/2011	10,28	10,28	10,28	10,28	10,28	10,28	10,28
Fev/2011	2,13	0,00	0,00	0,00	0,12	1,94	1,62
Mar/2011	61,80	52,73	52,20	52,29	2,19	53,46	53,55
Total	90,41	79,01	78,19	78,43	28,20	82,26	81,36
Média	22,60	19,75	19,55	19,61	7,05	20,55	20,34

**Tabela 5.** Concentração de nutrientes e CO em um Argissolo Vermelho-Amarelo, sob parcela descoberta mantida como testemunha (T), feijão-guandu em desnível (FGd), feijão-guandu em nível (FGn), feijão-de-porco em desnível (FPd), feijão-de-porco em nível (FPn), milho em desnível (Md) e milho em nível (Mn), no município de Lavras, MG.

Tratamentos	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	MO
T	2,2	20,0	1,4	0,3	31,0
FGd	3,1	33,0	1,9	0,4	33,7
FGn	2,9	64,0	1,9	0,4	29,7
FPd	2,9	57,0	1,4	0,3	27,0
FPn	2,7	40,0	1,4	0,3	17,0
Md	2,1	29,0	1,4	0,3	13,7
Mn	2,4	57,0	1,5	0,3	18,0

P, e K<sup>+</sup> em (mg dm<sup>-3</sup>); Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> em cmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>) e MO em g Kg<sup>-1</sup>.

**Tabela 6.** Concentração de nutrientes e matéria orgânica (MO) no sedimento de erosão de um Argissolo Vermelho-Amarelo, sob parcela descoberta mantida como testemunha (T), feijão-guandu em desnível (FGd), feijão-guandu em nível (FGn), feijão-de-porco em desnível (FPd), feijão-de-porco em nível (FPn), milho em desnível (Md) e milho em nível (Mn), no município de Lavras, MG.

Tratamentos	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	MO
T	0,30	44,00	1,00	0,20	53,00
FGd	12,30	73,00	0,90	0,20	46,00
FGn	14,10	98,00	0,80	0,20	43,00
FPd	17,00	126,00	0,80	0,20	44,00
FPn	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00
Md	14,10	95,00	0,70	0,20	37,00
Mn	15,00	115,00	0,80	0,20	38,00

P, e K<sup>+</sup> em mg dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> em cmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup> e MO em g Kg<sup>-1</sup>.

**Tabela 7.** Taxa de enriquecimento da enxurrada (TEE) de um Argissolo Vermelho-Amarelo, sob solo descoberto, utilizado como testemunha, feijão-guandu em desnível (FGd), feijão-guandu em nível (FGn), feijão-de-porco em desnível (FPd), feijão-de-porco em nível (FPn), milho em desnível (Md) e milho em nível (Mn).

Tratamentos	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	MO
T	0,1	2,2	0,7	0,7	1,7
FGd	3,9	2,2	0,5	0,5	1,4
FGn	4,9	1,5	0,4	0,5	1,4
FPd	5,9	2,2	0,6	0,7	1,6
FPn	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0
Md	6,7	3,2	0,5	0,7	2,7
Mn	6,3	2,0	0,5	0,6	2,1

**Tabela 8.** Perdas totais de P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> e CO em um Argissolo Vermelho-Amarelo, sob parcela descoberta mantida como testemunha (T), feijão-guandu em desnível (FGd), feijão-guandu em nível (FGn), feijão-de-porco em desnível (FPd), feijão-de-porco em nível (FPn), milho em desnível (Md) e milho em nível (Mn), nas condições de chuva natural, Lavras, MG.

Tratamentos	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	CO
T	0,002	0,266	1,208	0,145	0,19
FGd	0,034	0,200	0,492	0,066	0,07
FGn	0,027	0,186	0,304	0,046	0,05
FPd	0,040	0,297	0,377	0,057	0,06
FPn	0,000	0,000	0,000	0,014	0,00
Md	0,051	0,343	0,506	0,087	0,08
Mn	0,048	0,367	0,511	0,077	0,07

P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> em Kg ha<sup>-1</sup> e CO em Mg ha<sup>-1</sup>.