

# PLANTAS DE COBERTURA NO CONTROLE DA EROSIÃO HÍDRICA SOB CHUVAS NATURAIS

## COVER PLANTS IN WATER EROSION CONTROL UNDER NATURAL RAINFALL

Nilmar Eduardo Arbex de CASTRO<sup>1</sup>; Marx Leandro Naves SILVA<sup>2</sup>; Diego Antonio França de FREITAS<sup>3</sup>; Gabriel José de CARVALHO<sup>4</sup>; Rodrigo Magalhães MARQUES<sup>5</sup>; Geraldo Ferreira GONTIJO NETO<sup>5</sup>

1. Pós doutorando em Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras, MG, Brasil; 2. Professor, Doutor em Ciência do Solo - UFLA, Lavras, MG, Brasil; 3. Doutorando em Ciência do Solo, bolsista CNPq, UFLA, Lavras, MG, Brasil. [diego\\_ufla@yahoo.com.br](mailto:diego_ufla@yahoo.com.br); 4. Professor, Doutor em Fitotecnia, UFLA, Lavras, MG, Brasil; 5. Estudante de agronomia – UFLA, Lavras, MG, Brasil

**RESUMO:** As plantas de cobertura desempenham um conjunto de ações integradas que proporcionam benefícios aos sistemas agrícolas, com destaque para a redução da erosão hídrica que é a principal forma de degradação dos solos brasileiros. Assim, objetivou-se com este trabalho quantificar as perdas de solo, água e o potencial de arraste de sedimentos decorrentes da erosão hídrica, sob chuva natural. Neste experimento foram utilizadas quatro espécies de plantas de cobertura em dois sistemas: consórcio milho (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) com crotalária (*Crotalaria spectabilis* Roth) e consórcio de milho com feijão-guandu (*Cajanus cajan* (L.) Huth), além do cultivo solteiro do milho, feijão-guandu, feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC) e crotalária. Para a quantificação das perdas de solo, água e potencial de arraste de sedimentos do solo utilizaram-se parcelas de 4 x 12 m. Observou-se que os maiores índices de cobertura foram obtidos pelas espécies feijão-de-porco (77,63%), feijão-guandu (64,55%) e pelo consórcio milho + feijão-guandu (64,11%). As menores perdas de solo foram obtidas pelo cultivo do feijão-guandu (1,27 Mg ha<sup>-1</sup>), do milho (1,47 Mg ha<sup>-1</sup>) e do feijão-de-porco (1,77 Mg ha<sup>-1</sup>), e as menores perdas de água foram obtidas pelo cultivo do feijão-guandu (37,90 mm), do consórcio milho + crotalária (40,04 mm) e pelo feijão-de-porco (41,83 mm). Não é possível inferir sobre uma relação entre os índices fitotécnicos e a proteção do solo contra a erosão hídrica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Degradação do solo. Perda de solo e água. Índice de cobertura. *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. *Canavalia ensiformis* (L.) DC. *Cajanus cajan* (L.) Huth. *Crotalaria spectabilis* Roth.

## INTRODUÇÃO

A agricultura é considerada uma das mais antigas atividades antrópicas e que provoca elevada alteração na paisagem natural e, conseqüentemente, maiores distúrbios no solo. Essas alterações ocasionam desgastes principalmente em áreas de relevo suave ondulado a ondulado, sendo que a diminuição do potencial produtivo dos solos das regiões tropicais e subtropicais está ligada, principalmente, a erosão e ao esgotamento da matéria orgânica do solo (MARCANTE et al., 2011). A erosão consiste nos processos de desprendimento e arraste 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 erosão hídrica ocasiona enormes prejuízos à vida no planeta, seja pela poluição da água, redução da produtividade, fertilidade e sustentabilidade dos sistemas agrícolas (SANTOS et al., 2011) ou pelo aumento da degradação ambiental, com enormes implicações de ordem física, financeira e social (OLIVEIRA et al., 2010). A erosão inicia com o impacto da gota de chuva

sobre a superfície do solo, o que provoca a quebra dos agregados e posteriormente, o transporte dos sedimentos, nutrientes, água e matéria orgânica (TROEH et al., 1980). Contudo, é um processo complexo que se manifesta em intensidade variável e depende de fatores como o clima, solo, topografia, vegetação, uso da terra e práticas conservacionistas (PIRES et al., 2006).

Dentre as variáveis primárias que influenciam a erosão hídrica do solo, a cobertura e a rugosidade superficial são as mais importantes, sendo responsáveis por, praticamente, toda a retenção e armazenagem de água e dos sedimentos da erosão na superfície do solo (COGO, 1981; KAMPHORST et al., 2000; SANTOS et al., 2009). Assim, 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).

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, entre outras (LUCIANO et al., 2009). Uma vez que nenhuma espécie apresenta todas estas qualidades, opta-se por aquelas que apresentem ao menos uma boa parte destas características (OSTERROHT, 2002). Estas características têm ação direta e efetiva na redução da erosão hídrica, pois promovem a dissipação da energia cinética das gotas de chuva e diminuem a desagregação das partículas de solo e o selamento superficial, aumentam a infiltração de água, reduzem a velocidade do escoamento superficial e, conseqüentemente, o potencial erosivo da enxurrada (SLONEKER; MOLDANHAUER, 1977; COGO et al., 1984; ZHOU et al., 2002). A rugosidade da superfície e as propriedades físicas na camada superficial e subsuperficial do solo também contribuem fortemente nas propriedades erosivas do solo (COGO et al., 1984; MARTINS et al., 2010).

Sloneker e Moldenhauer (1977) mostram que a cobertura do solo proporcionada pelos resíduos culturais é fundamental na redução das perdas de solo. Cogo et al. (2003) consideram que a persistência dessa proteção na superfície do solo depende do grau de incorporação dos resíduos culturais e do método de preparo do solo. Lopes et al. (1987) indicam que o índice de 30% de cobertura do solo já apresenta boa eficácia na redução das perdas de solo por erosão hídrica. Assim, objetivou-se com este trabalho quantificar as perdas de solo, água e o potencial de arraste de sedimentos decorrentes da erosão hídrica, sob chuva natural.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os estudos foram realizados no município de Lavras-MG, localizado sob as coordenadas 21°13'20" de latitude sul e 44°58'17" de longitude oeste, numa altitude de 908 m, onde apresenta a classificação climática de Köppen como Cwa - subtropical de inverno seco e verão quente (BRASIL, 1992), com média anual de precipitação de 1.529,7 mm e de 19,4 °C de temperatura. O solo estudado foi classificado como um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2006), textura superficial e subsuperficial argilosas, relevo suave-ondulado com declividade de 9%.

Foram utilizados seis sistemas de manejo, com quatro espécies vegetais em dois arranjos de cultivo: plantio solteiro de milheto (*Pennisetum*

*glaucum* (L.) R. Brown); feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC); feijão-guandu (*Cajanus cajan* (L.) Huth) e crotalária (*Crotalaria spectabilis* Roth), além do plantio consorciado de milheto com crotalária e de milheto com feijão-guandu. A semeadura foi realizada em janeiro de 2009, com espaçamento entre as linhas de plantio de 0,5 m nos dois arranjos, e densidade de plantio de acordo com as recomendações técnicas para cada espécie, sendo as linhas de plantio estabelecidas no sentido do comprimento da parcela (da declividade). Nas parcelas constituídas de consórcio, a semeadura foi realizada com uma espécie em cada linha, ou seja, espécies em linhas alternadas. Foi realizada uma capina anterior ao plantio e retirados todos os resíduos da vegetação anterior. Não foi utilizada nenhuma forma de fertilização e de inoculação de *Rhizobium* nas parcelas. Aos 106 dias após a semeadura (DAS) foi realizada uma roçada em todos os tratamentos e os resíduos vegetais foram deixados na superfície do terreno.

As determinações dos índices de cobertura vegetal (IC) foram iniciadas 15 dias após a semeadura, com leituras realizadas semanalmente até o final dos estudos de campo. 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, e atribuiu-se valores (0; 0,5 e 1) quanto à visibilidade, ou seja, valor 0 (zero) para o solo descoberto, 0,5 para a vegetação parcialmente formada e 1 para a vegetação totalmente formada.

Para avaliação do índice de cobertura vegetal foi utilizada a Equação 1.

$$IC(\%) = \frac{N^{\circ} \text{ de visões de vegetação}}{\text{total de visões}} * 100 \quad (1)$$

As alturas das plantas foram determinadas utilizando-se trena, sendo realizada a medição de 10 plantas aleatoriamente por parcela, na data da roçada (106 DAS), sendo também determinada a densidade de plantas por área (stand), e o rendimento de matéria fresca e seca das plantas, onde se utilizou cinco plantas colhidas por parcela, aleatoriamente, no qual suas partes aéreas foram pesadas. Na determinação da matéria seca estas mesmas plantas foram colocadas em estufa, com circulação constante de ar, a 65 °C por 96 horas e em seguidas determinados os pesos secos.

Para determinar as perdas de solo e de água foram instaladas seis parcelas com dimensões de 4,0 m de largura por 12,0 m de comprimento, este no sentido do declive do terreno, contornadas por chapas de zinco galvanizadas. Nas extremidades inferiores de cada parcela foram instaladas duas caixas coletoras de água e sedimentos, com capacidade para 250 litros cada uma, ligadas entre si através de um divisor Geib com nove janelas, de



**Figura 1.** Parcela de perda de solo (A); parcela com planta de cobertura instalada (B); coletores e caixas para coleta de água e sedimentos (C); detalhe do divisor Geib com nove janelas (D).

O potencial de arraste de sedimentos (PAS) foi calculado pela razão entre as perdas de solo ( $Mg\ ha^{-1}$ ) e de água (mm), conforme metodologia descrita por Zhou et al. (2002); Brito et al. (2005); Pires et al. (2006) e Carvalho et al. (2007).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

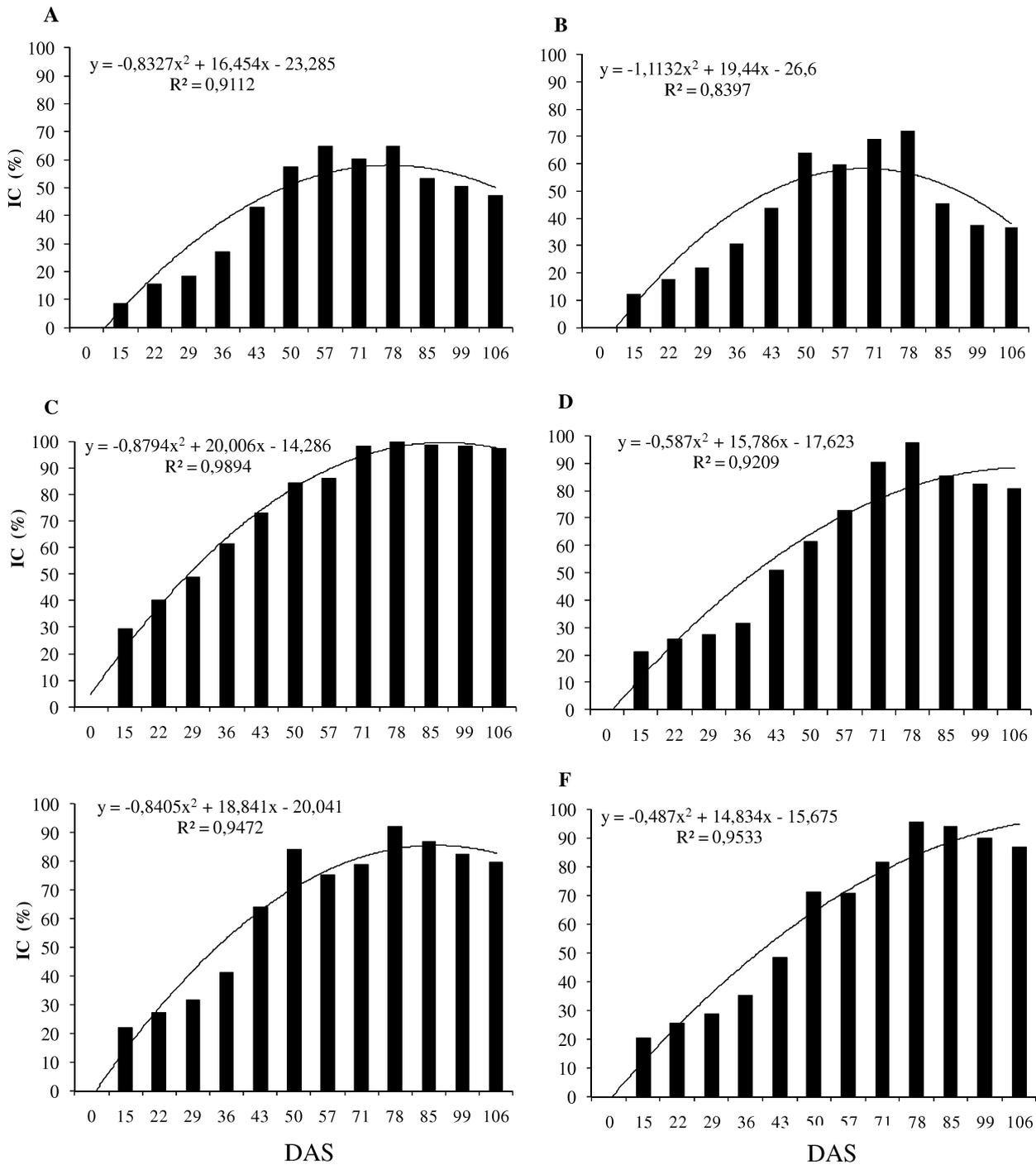
Entre as plantas de cobertura avaliadas observou-se que a maior média de IC (70,36%) foi obtida pelo feijão-de-porco (Figura 2), sendo que este apresentou IC de 40,15% a partir dos 22 DAS. Lopes et al. (1987) destacam que plantas com IC acima dos 30% podem ser consideradas com boa eficácia na redução das perdas de solo por erosão hídrica. A crotalária e o consórcio de feijão-guandu com milho também apresentaram elevado IC médio (57,48 e 58,90%, respectivamente), sendo que este ultrapassou os 30% de IC após os 29 DAS e os demais cultivos alcançaram esta marca apenas nos 36 DAS (Figura 2). Como o IC está diretamente relacionado com o desenvolvimento da planta e que estas devem proteger o solo desde o início do ciclo, infere-se que o feijão-de-porco e o consórcio feijão-guandu com milho se destacaram das demais plantas, por apresentaram um rápido

desenvolvimento inicial, com destaque para a primeira. Assim, o volume de água mais resíduos determinados na segunda caixa era multiplicado por nove para estimar os valores eliminados entre as duas caixas por Cogo (1981). As avaliações foram realizadas em cada evento de chuva, segundo metodologia descrita. Detalhes das parcelas são apresentados na Figura 1.

desenvolvimento inicial, com destaque para a primeira.

As plantas de cobertura apresentaram aumento do IC até os 78 DAS e após esta data iniciou o declínio da cobertura vegetal, com exceção do feijão-guandu, onde o IC se manteve estável. A redução do IC coincidiu com o período de senescência das plantas, que ocorreu aproximadamente aos 80 DAS. O feijão-de-porco foi a planta que apresentou maior proteção do solo, com IC médio acima de 70% (dos 43 DAS até a roçada, aos 106 DAS), sendo que aos 78 DAS apresentou IC de 100,00%, ou seja, cobertura total do terreno, e onde o impacto das gotas chuva sobre os agregados pode ser considerado como zero.

Em geral, as plantas apresentaram elevado IC do solo, sendo os menores valores médios encontrados nas áreas cultivadas com milho e no consórcio do milho com crotalária (39,35 e 39,43%, respectivamente), porém como os valores ficaram acima dos 30% de IC, tem-se que estas plantas são boas protetoras 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.



**Figura 2.** Índices de cobertura nos dias após semeadura das plantas de cobertura cultivadas em um Argissolo Vermelho-Amarelo. Milheto + crotalária (A); Milheto (B); Feijão-de-porco (C); Feijão-guandu (D); Feijão-guandu + milheto (E); Crotalária (F).

Com relação ao IC reduzido nas parcelas do milheto solteiro e em consórcio com a crotalária, este fator pode estar relacionado à exigência do milheto em fotoperíodos maiores (planta C4), porém tal fato não ocorreu de forma similar quando se utilizou o consórcio milheto com feijão-guandu, possivelmente devido ao rápido desenvolvimento do

guandu. Contudo, para as condições edafoclimáticas do Cerrado, mesmo apresentando menor índice de cobertura, as gramíneas têm sido mais utilizadas como plantas de cobertura, 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).

O IC médio para a crotalária, feijão-de-porco e milho foi de 57,48; 70,36 e 39,35%, respectivamente, sendo todos em cultivo solteiro e no espaçamento de 0,50 m (Figura 2). Valores de IC próximos aos do presente estudo foram encontrados por Cardoso (2009), que trabalhou com estas mesmas culturas, neste espaçamento. Este autor encontrou IC máximo para o feijão-de-porco aos 87

DAS, sendo que no presente trabalho este IC foi alcançado aos 78 DAS.

Devido às diferenças de hábito de crescimento das plantas de cobertura, sendo que a crotalária e o feijão-guandu são arbustivos eretos, o feijão-de-porco herbáceo determinado e o milho touceira ereta, foram encontrados padrões de altura diversificados. Desta maneira encontrou-se, aos 106 DAS, uma altura média de 186 cm para o feijão-guandu solteiro, sendo esta a espécie que apresentou a maior altura. O consórcio da crotalária com milho correspondeu a menor altura de plantas (72 cm), sendo que o crescimento do milho em altura foi mais afetado que o da crotalária (Tabela 1).

**Tabela 1.** Altura média, densidade de plantas, matéria fresca e seca de plantas de cobertura, aos 106 dias após semeadura.

Tipo de Cultivo	Plantas de Cobertura	Altura média cm	Densidade plantas ha <sup>-1</sup>	Matéria Fresca Mg ha <sup>-1</sup>	Matéria Seca
Consórcio	Milho	180	460.000	25,19	2,62
	Crotalária	72	500.000	14,38	1,65
Solteiro	Milho	184	540.000	31,73	2,21
Solteiro	Feijão-de-Porco	87	120.000	36,45	3,67
Solteiro	Feijão-Guandu	186	340.000	23,71	2,44
Consórcio	Milho	176	720.000	36,54	3,81
	Feijão-Guandu	159	320.000	33,84	3,07
Solteiro	Crotalária	120	620.000	51,93	5,33

De acordo com as recomendações técnicas do produtor de sementes, o milho e o feijão-de-porco apresentaram alturas médias dentro das especificações (180 cm e 80 cm, respectivamente) e, o feijão-guandu apresentou uma altura ligeiramente abaixo das apresentadas pelo produtor. Já a crotalária solteira apresentou altura média conforme as especificações (120 cm) e no consórcio com o milho, a altura média foi abaixo desta especificação. Esta altura reduzida pode ter ocorrido possivelmente pelo rápido desenvolvimento do milho, que limitou o desenvolvimento e porte da crotalária.

Para estimar as produções de matéria fresca (MF) e seca (MS) por hectare, aos 106 DAS, foi considerado a densidade de plantas por área. Assim, a crotalária em cultivo solteiro apresentou o maior rendimento de MF e MS (51,93 e 5,33 Mg ha<sup>-1</sup> respectivamente) e o consórcio entre crotalária e milho apresentaram os menores valores (Tabela 1). O baixo rendimento da crotalária cultivada em consórcio com milho, tanto de MF (14,38 Mg ha<sup>-1</sup>) como de MS (1,65 Mg ha<sup>-1</sup>) foi possivelmente devido ao seu reduzido desenvolvimento inicial ocasionada pela competição por luz, nutrientes e água causado pelo milho, que apresentou um

desenvolvimento inicial mais rápido e alturas maiores (Tabela 1).

Cardoso (2009) encontrou elevado rendimento de MF (67 Mg ha<sup>-1</sup>) para a crotalária, corroborando com o presente estudo. Porém o autor encontrou valores diferentes de MF para o feijão-de-porco (15 Mg ha<sup>-1</sup>) e o milho (5 Mg ha<sup>-1</sup>), todos no espaçamento de 0,50 m, e em espaçamento adensado (0,25 m), onde a crotalária reduziu a produção de MF para 60 Mg ha<sup>-1</sup> e o feijão-de-porco e o milho aumentaram para 35 e 15 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Os resultados do presente estudo estão em conformidade com Calegari et al. (1993), que indicam a crotalária júncea como produtora de elevada quantidade de MF, sendo esta superior às demais plantas de cobertura.

Oliveira et al. (2002) encontraram produtividade de 45,76 Mg ha<sup>-1</sup> de MF para o milho, ao passo que Sodré Filho et al. (2004) encontraram produtividade semelhante à encontrada por Cardoso (2009) que foi de 5 Mg ha<sup>-1</sup> para a mesma espécie, o que mostra a grande variabilidade de produção de MF para esta espécie quando cultivada com diferentes sistemas de manejo e em solos variados.

Na análise das perdas de solo, mensal e total (Tabela 2), verificou-se que no mês de fevereiro,

possivelmente devido às maiores precipitações pluviométricas, ocorreram as maiores perdas de solo em todas as parcelas estudadas, sendo que na cultivada com crotalária foi observada a maior perda de solo ( $1,63 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), seguidas pela parcela cultivada com o consórcio de milho e crotalária ( $1,37 \text{ Mg ha}^{-1}$ ). Observou-se também que na parcela cultivada com crotalária ocorreu a maior perda de solo durante todo o período de estudo ( $2,89 \text{ Mg ha}^{-1}$ ). De forma diferente, a parcela cultivada com

feijão-guandu apresentou a menor perda de solo em fevereiro ( $0,65 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) e durante o período de estudo ( $1,26 \text{ Mg ha}^{-1}$ ). Essas maiores perdas de solo nos meses de janeiro e fevereiro possivelmente ocorreram devido ao menor desenvolvimento inicial das plantas de cobertura, não apresentando elevado desenvolvimento da parte aérea (Figura 2) e constituindo uma proteção do solo pouco eficiente à interceptação das gotas de chuva.

**Tabela 2.** Perdas de solo mensal e total de um Argissolo Vermelho-Amarelo, sob chuva natural, cultivado com plantas de cobertura no município de Lavras, MG.

Meses	Plantas de Cobertura					
	Milheto + crotalária	Milheto	Feijão-de- porco	Feijão- guandu	Milheto + guandu	Crotalária
----- Perda de Solo ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) -----						
Janeiro	0,32	0,44	0,60	0,35	0,51	0,70
Fevereiro	1,37	0,75	0,90	0,65	1,09	1,63
Março	0,02	0,02	0,02	0,01	0,03	0,06
Abril	0,35	0,27	0,24	0,25	0,57	0,51
Total	2,06	1,47	1,77	1,27	2,20	2,89

Praticamente em todos os meses do estudo as menores perdas de solo ocorreram na parcela cultivada com feijão-guandu, o que indica ser esta espécie uma planta de cobertura eficiente para a proteção do solo quando se visa o controle da erosão hídrica, mesmo não sendo esta a planta que apresentou o maior índice de cobertura. Este fato ocorre pois o controle da erosão hídrica não ocorrer apenas pela proteção proporcionada pelo índice de cobertura, sendo que o hábito de crescimento, sistema radicular e quantidade de material orgânico depositado no solo também são fatores importantes no controle da erosão. A palha aumenta a tortuosidade do fluxo superficial da água, diminuindo a velocidade e capacidade de desagregação e transporte dos sedimentos, determinando uma redução na erosão hídrica e a recuperação do potencial produtivo do solo (DEBARBA, 1993), pois forma uma rede, semelhante a um filtro, a qual provoca a deposição de sedimentos, especialmente os de maior diâmetro, transportados pela enxurrada (COGO et al., 1984; BERTOL et al., 1997). Observou-se que as menores perdas de solo, em ordem crescente, ocorreram nas parcelas cultivadas com feijão-guandu, milho, feijão-de-porco, consórcio do milho com crotalária, consórcio de milho com guandu e por fim com a crotalária.

Segundo Eltz (1977), plantas de hábito prostrado protegem melhor o solo do que plantas eretas, do mesmo modo que folhas largas protegem melhor do que folhas estreitas, sendo a quantidade

de folhas um fator importante a ser considerado. Porém cabe destacar que a cobertura do solo pelos resíduos que ficam acamados sobre o solo é mais eficaz no controle da erosão do que a cobertura proporcionada pela copa das plantas (GUTH, 2010), pois estas, mesmo interceptando as gotas de chuva, permitem que elas, ao precipitarem da copa, adquiram energia cinética com potencial de provocar erosão se o solo estiver descoberto (WISCHMEIER; SMITH, 1978).

Os valores de perdas de solo encontrados no presente estudo ficaram próximos aos determinados por Cardoso (2009), que encontrou valores de 2,38; 1,66 e  $1,59 \text{ Mg ha}^{-1}$  de perda de solo para parcelas cultivadas com crotalária, milho e feijão-de-porco, respectivamente, no espaçamento de 0,50 m, em Argissolo Vermelho-Amarelo. Santos et al. (2011) encontraram perdas de solo para o período de janeiro a maio de  $2,16 \text{ Mg ha}^{-1}$ , com destaque para o mês de fevereiro com perdas de  $0,83 \text{ Mg ha}^{-1}$ , para um Vertissolo cultivado com gramíneas. Silva et al. (2005), avaliando perdas de solo em Cambissolo e Latossolo, encontraram perdas médias anuais de solo de 205,65 e  $14,90 \text{ Mg ha}^{-1}$  para estes solos, respectivamente. Estes elevados valores de perdas de solo, principalmente no Cambissolo, devem-se à desagregação propiciada pelo preparo inicial (uma aração e duas gradagens) e devido ao solo manter-se descoberto durante o período de estudo.

A precipitação pluviométrica ocorrida no período em estudo ( $497,7 \text{ mm}$ ) apresentou maior valor no mês de fevereiro ( $181,7 \text{ mm}$ ) o que

correspondeu a 36,5% da precipitação total (Tabela 3). Porém ocorreu uma alta variabilidade de perda de água da chuva na forma de enxurrada para os

diversos meses, não sendo esta concentrada no mês de fevereiro.

**Tabela 3.** Precipitação e perdas de água mensal e total em um Argissolo Vermelho-Amarelo, sob chuva natural, no município de Lavras, MG.

Mês	Precipitação		Plantas de Cobertura											
			Milheto + Crotalária		Milheto		Feijão-de-Porco		Feijão-Guandu		Milheto + Guandu		Crotalária	
			----- Perda de Água -----											
mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	
Jan	75,0	15,1	11,8	15,8	18,9	25,2	21,0	28,0	15,0	20,0	21,5	28,7	20,6	27,5
Fev	181,7	36,5	11,3	6,2	10,4	5,7	10,6	5,8	9,5	5,2	10,6	5,8	10,5	5,8
Mar	111,0	22,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6
Abr	130,0	26,1	16,4	12,6	20,0	15,4	9,9	7,6	13,0	10,0	40,0	30,8	31,9	24,6
Total	497,7	100,0	40,0	8,0	49,8	10,0	41,9	8,4	37,9	7,6	72,5	14,6	63,6	12,8

A perda de água da chuva na forma de enxurrada foi maior no consórcio de milho com feijão-guandu (72,5 mm) seguido pelo cultivo da crotalária (63,6 mm). Inversamente, o cultivo solteiro do feijão-guandu apresentou as menores perdas de água na forma de enxurrada (37,9 mm).

As maiores perdas de água em forma de enxurrada foram observadas nos meses de janeiro e abril para todas as espécies cultivadas, com menores perdas para o feijão-de-porco no mês de abril (9,9 mm), possivelmente devido à máxima cobertura (IC acima de 95,0%, Figura 2) que a planta propiciou ao solo naquele momento. Estas perdas provavelmente ocorreram devido às precipitações ocorridas neste período, maior acúmulo de água no solo, menor infiltração e conseqüentemente escoamento superficial. Diferentemente, as maiores perdas de solo para todas as espécies estudadas ocorreram no mês de fevereiro, conforme foi apresentado na Tabela 2. Cabe salientar que as perdas de água da chuva na forma de enxurrada geralmente são menos influenciadas pelo efeito da cobertura e manejo do solo do que as perdas de solo (MELLO et al., 2003), já que este apresenta capacidade-limite de absorção de água.

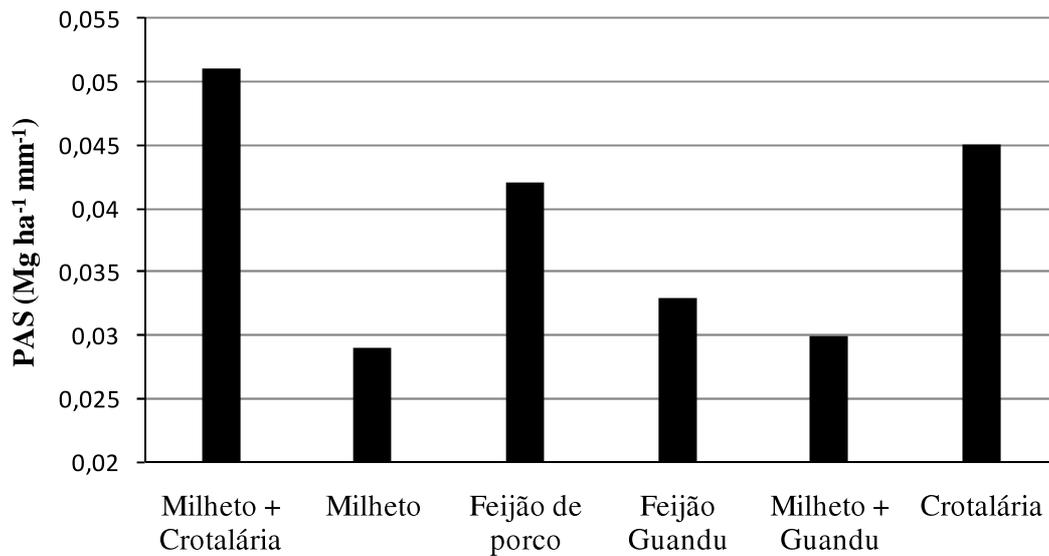
Santos et al. (2011) e Silva et al. (2005) encontraram valores de perda de água superiores aos do presente estudo, sendo que os primeiros autores encontraram 332 mm de perda de água em um Vertissolo e os demais autores encontraram perdas de água de 369 e 113 mm para um Cambissolo e Latossolo, sob chuvas naturais. Guth (2010), trabalhando com rotação de culturas, encontrou

perdas de água acima das determinadas no presente estudo, com valores entre 507 e 1034 mm, para dois anos de cultivo sob um Argissolo Vermelho Distrófico.

Os menores valores do potencial de arraste de sedimentos (PAS) ocorreram nas parcelas cultivadas com milho (0,029 Mg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>), feijão-guandu (0,033 Mg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>) e no consórcio destas duas culturas (0,030 Mg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>), conforme Figura 3. Os baixos valores observados para o potencial de arraste de sedimentos são atribuídos principalmente à barreira física propiciada pela cobertura vegetal, reduzindo a energia cinética de transporte de sedimentos na enxurrada, dificultando o escoamento superficial e a quebra dos agregados (SILVA et al., 2005). Assim, apesar do feijão-de-porco ter apresentado os maiores valores de IC, esta não foi a cultura que apresentou o menor PAS, pois além dos atributos fitotécnicos, a barreira física formada pela serrapilheira deve ser considerada, pois esta dificulta o escoamento superficial, a quebra dos agregados e o arraste das partículas do solo (MARTINS et al., 2010).

Valores de PAS superiores aos do presente estudo foram encontrados por Cardoso (2009), onde este autor estimou o PAS para o feijão-de-porco, crotalária e milho de 0,061, 0,053 e de 0,053 Mg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, respectivamente, sendo todas cultivadas no espaçamento de 0,50 m. Já para o espaçamento de 0,25 m, o mesmo autor encontrou valores de 0,051, 0,047 e 0,040 Mg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> para a crotalária, milho e feijão-de-porco, respectivamente, indicando que o menor espaçamento entre as plantas

promoveu um maior IC e proteção do solo, o que refletiu na redução do PAS e da erosão hídrica.



**Figura 3.** Potencial de arraste de sedimentos (Mg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>) em um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com plantas de cobertura.

## CONCLUSÕES

Não é possível inferir sobre a relação entre um índice fitotécnico isolado e a proteção do solo contra a erosão hídrica.

O feijão-de-porco e feijão-guandu apresentam maior proteção do solo contra a erosão hídrica.

A crotalária (*Crotalaria spectabilis*) apresenta as maiores perdas de solo e elevada perda de água.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela bolsa de pós-doutorado concedida ao primeiro autor.

**ABSTRACT:** Cover crops play a set of integrated actions that provide benefits to agricultural systems, with emphasis on reducing water erosion that is the main form of land degradation in Brazil. Thus the aim of this work was to quantify the losses of soil, water and the potential for entrainment of sediment resulting from water erosion under natural rainfall. In this experiment we used four species of cover crops in two systems: intercropping sunn hemp with millet and intercropping millet with pigeon pea, and the cropping to millet, pigeon pea, jack bean and sunn hemp. To quantify the losses of soil, water and the potential for entrainment of soil sediment were used plots of 4 x 12 m. It was observed that the highest rates of coverage were obtained by species jack bean (77.63%), pigeon pea (64.55%) and the consortium millet + pigeon pea (64.11%). The lowest soil loss was obtained by cultivation of pigeon pea (1.27 Mg ha<sup>-1</sup>), millet (1.47 Mg ha<sup>-1</sup>) and jack bean (1.77 Mg ha<sup>-1</sup>), and lowest water loss was obtained by cultivation of pigeon pea (37.90 mm), in the consortium millet + sunn hemp (40.04 mm) and jack bean (41.83 mm). It is not possible to infer a relationship between the rates phytotechnical and protection against soil erosion.

**KEYWORDS:** Soil degradation. Soil and water loss. Coverage ratio. *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. *Canavalia ensiformis* (L.) DC. *Cajanus cajan* (L.) Huth. *Crotalaria spectabilis* Roth.

## REFERÊNCIAS

BERTOL, I.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Erosão hídrica em diferentes preparos do solo logo após as colheitas de milho e trigo, na presença e na ausência dos resíduos culturais. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 409-418, jul./set. 1997.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais climatológicas** (1961-1990). Brasília: Secretaria Nacional de Irrigação; Departamento Nacional de Meteorologia. 1992. 84p.

BRITO, L. de F.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; LEITE, F. P.; FERREIRA, M. M.; PIRES, L. S. Erosão hídrica de Latossolo Vermelho muito argiloso relevo ondulado em área de pós-plantio de eucalipto no Vale do Rio Doce, região Centro Leste do Estado de Minas Gerais. **Sci. For.**, Piracicaba, v. 67, n. 67, p. 27-36, abr. 2005.

CALEGARI, A.; ALCÂNTARA, P. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. Caracterização das principais espécies de adubo verde. In: CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E. A.; WILDNER, L. do P.; COSTA, M. B. B. da; ALCÂNTARA, P. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. **Adubação verde no Sul do Brasil**. 2ª Ed. Rio de Janeiro, RJ, : AS-PTA, p. 207-327, 1993.

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) – Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

CARVALHO, R.; SILVA, M. L. N.; AVANZI, J. C.; CURTI, N.; SOUZA, F. S. de. Erosão hídrica em Latossolo Vermelho sob diversos sistemas de manejo do cafeeiro no sul de Minas Gerais. **R. Ci. Agron.**, Lavras, v. 31, p. 1679-1687, 2007.

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. **R. Bras. Ci. Solo.**, Viçosa, v.27, n. 4, p.743-753, jul./ago. 2003.

COGO, N. P.; MOLDENHAUER, W. C.; FOSTER, G. R. Soil loss reductions from conservation tillage practices. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, v. 48, n. 2, p. 368-373, jul./ago. 1984.

COGO, N. P. **Effect of residue cover, tillage-induced roughness and slope length on erosion and related parameters**. 1981. 346p. Tese (Doutorado ) – Purdue University, West Lafayette, 1981.

DEBARBA, L. **Sistemas de produção de milho adaptados à conservação do solo**. 1993. 150 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração Biodinâmica do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1993.

ELTZ, F. L. P. **Perdas por erosão sob precipitação natural em diferentes manejos de solo e coberturas vegetais. I. Solo da unidade de mapeamento São Jerônimo – primeira etapa experimental**. 1977. 97 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1977.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2ª. Ed. Rio de Janeiro, RJ, Embrapa Solos, p 306, 2006.

GUTH, P. L. **Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas de culturas oleaginosas**. 2010. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo Área de concentração em Biodinâmica e Manejo do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

KAMPHORST, E. C.; JETTEN, V.; GUÉRIF, J.; PITKÄNEN, J.; IVERSEN, B. V.; DOUGLAS, J. T.; PAZ, A. Predicting depression storage from soil surface roughness. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, v. 64, n. 5, p. 1749-1758, Sept./Oct. 2000.

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. **Ci. Rural**, Santa Maria, v. 3, n. 4, p. 1005-1013, jul./ago. 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. **Energ. Agric.**, Botucatu, v. 22, n. 1, p. 61-74, jul. 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. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 11, n. 1, p. 71-75, jan./abr. 1987.
- LUCIANO, R. V.; BERTOL, I.; BARBOSA, F. T.; VAZQUEZ, E. V.; FABIAN, E. L. Perdas de água e solo por erosão hídrica em duas direções de semeadura de aveia e ervilhaca. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 669-676, 2009.
- MARCANTE, N. C.; CAMACHO, M. A.; PAREDES JUNIOR, F.P. Teores de nutrientes no milho como cobertura de solo. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 196-204, 2011.
- 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. **Sci. For.**, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 517-526, set. 2010.
- MELLO, E. L.; BERTOL, I.; ZAPAROLLI, A. L. V.; CARRAFA, M. R. Perdas de solo e água em diferentes sistemas de manejo de um Nitossolo Háptico submetido à chuva simulada. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 901-909, abr./jun. 2003.
- OLIVEIRA, J. R.; Pinto, M. F.; Souza, W. de J.; Guerra, J. G. M.; Carvalho, D. de F. Erosão hídrica em um Argissolo Vermelho-Amarelo, sobdiferentes padrões de chuva simulada. **R. Bras. Eng. Agric. Ambient.**, Campina Grande, v.14, n.2, p.140–147, fev. 2010.
- OLIVEIRA, T. K.; CARVALHO, G. J.; MORAES, R. N. de S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesq. Agrop. Bras.**, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1079-1087, ago. 2002.
- OSTERROHT, M. von; O que é uma adubação verde: princípios e ações. **Agroec. Hoje**, Botucatu, v. 2, n. 2, p. 9-11, mai./jun. 2002.
- PIRES, L. S.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; LEITA, F. P.; BRITO, L. de F. Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto na região centro-leste de Minas Gerais. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 687-695, abr. 2006.
- SANTOS, J. C. N.; PALÁCIO, H. A. Q.; ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; ARAÚJO NETO, J. R. Runoff, soil loss and soil nutrients in semiarid areas of uncultivated. **R. Ci. Agron.**, v. 42, n. 3, p. 813-820, jul./set. 2011.
- SANTOS, T. E. M. dos ; MONTENEGRO, A. A. A. ; PEDROSA, E. R. . Características hidráulicas e perdas de solo e água sob cultivo do feijoeiro no semi-árido. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambient.**, Campina Grande, v. 13, n. 3, p. 217-225, mai./jun. 2009.
- SILVA, A. M.; SILVA, M. L.; CURI, N.; LIMA, J. M.; AVANZI, J. C.; FERREIRA, M. M. Perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico em Cambissolo e Latossolo sob chuva natural. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 40, n. 12, p. 1223-1223, dez. 2005.
- SLONEKER, L. L.; MOLDENHAUER, W. C. Measuring amounts of crop residue remaining after tillage. **J. Soil Water Cons.**, Ankeny, v. 32, n. 5, p. 231-236, sept./oct. 1977.
- 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. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 39, n. 4, p. 327-334, abr. 2004.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Adubação com nitrogênio. In: SOUSA, D. M. G.; SPEHAR, C. R. et al. Amaranço BRS Alegria – alternativa para diversificar os sistemas de produção. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 39, n. 1, p. 85-91, mai. 2003.

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. **R. FAPES**, Aracaju, v. 4, n. 2 p. 131-140, jul./dez. 2008.

STOCKING, M. A. Assessing vegetative cover and management effect. In: LAL, R. **Soil erosion research methods**. Iowa: Soil and Water Conservation Society, p.163-167, 1988.

TROEH, F. R.; HOBBS, J. A.; DANAHUE, R. L. **Soil and water conservation: for productivity and environmental protection**. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1980. 718p.

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

ZHOU, G. Y.; MORRIS, J. D.; YAN, H. H.; YU, Z. Y.; PENG, S. L. Hydrological impacts of reforestation with eucalyptus and indigenous species: a case study in southern China. **For. Ecol. Manag.**, Amsterdam, v. 167, n. 1/3, p. 209-222, ago. 2002.