

USO DE TÉCNICAS VEGETATIVAS NA RECUPERAÇÃO DE SOLO DE TALUDE AS MARGENS DA RODOVIA BR 381 EM MINAS GERAIS

USE OF VEGETATIVE TECHNICS IN THE RECOVERY OF SOIL OF TALUDE THE MARGINS OF THE BR 381 HIGHWAY IN MINAS GERAIS

Alexandre Sylvio Vieira da Costa¹

Antonio Pereira Drumond Neto²

Resumo: Os estudos de impactos ambientais em relação à construção das estradas devem ser encarados avaliando-se a dimensão dos investimentos em função da região e dos efeitos negativos ao meio ambiente. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi verificar o processo de melhoria das condições físicas do solo utilizando espécies leguminosas e uma gramínea cultivadas em diferentes sistemas de manejo nos taludes situados as margens das estradas e a sua capacidade de reestruturação destes solos. O trabalho foi desenvolvido em um talude da estrada BR 381 na região Leste de Minas Gerais onde o solo foi caracterizado como Argissolo vermelho amarelo. Foram utilizados os tratamentos: Monocultivo da braquiaria, leucena, crotalária e guandu além dos cultivos da leucena, braquiaria, crotalaria e guandu consorciados. Foram construídos sulcos na horizontal com distância de 0,5 metros seguido de semeadura adensada. Após 18 meses de desenvolvimento das plantas, foram coletados amostras de solo para determinação de suas características de densidade aparente e capacidade de retenção de água nas linhas de plantio e entrelinhas. A presença das plantas beneficiou as características físicas do solo nas linhas de plantio como densidade aparente e retenção de água com exceção da cultura da leucena. A redução da capacidade de reter água dos solos foi observada nos solos adensados das entrelinhas, o mesmo não ocorrendo com os solos das linhas de plantio, local de desenvolvimento das raízes. Na linha de plantio do guandu, os valores de retenção de água foram 23% superiores quando comparado a capacidade de retenção de água das entrelinhas de cultivo.

Palavras-chave: Gramíneas, leguminosas, encosta de estradas, manejo do solo

Abstract: Environmental impact studies in relation to road construction should be considered by assessing the size of the investments in relation to the region and the negative effects on the environment. Thus the objective of this work was to verify the process of improvement of soil physical conditions using leguminous species and a grass cultivated in different management systems in the roadside slopes and their ability to restructure these soils. This work was carried out on a slope of the BR 381 road in the eastern region of Minas Gerais where the soil was characterized as Yellow Red Podzolic. The following treatments were used: Monoculture of brachiaria, leucena, crotalaria and pigeon pea plus leucena, brachiaria, crotalaria and pigeon pea intercropping. Grooves were constructed horizontally with a distance of 0.5 meters followed by densified sowing. After 18 months of development of the plants, soil samples were collected to determine their characteristics of apparent density and water retention capacity in the planting lines and between the lines. The presence of the plants benefited the physical

¹ Doutor em Produção Vegetal, Professor Adjunto da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, alexandre.costa@ufvjm.edu.br

² Doutor em Produção Vegetal. Consultor do Senar/ES

characteristics of the soil in the planting lines as apparent density and water retention, except for the leucena crop. The reduction of the soil water retention capacity was observed in the soils between the lines, not the soils of the planting lines, the site of root development. In the pigeon pea planting line, the values were 23% higher when compared to the water retention capacity between the lines.

Keywords: Grasses, legumes, slope of roads, soil management

1. INTRODUÇÃO

A principal via de transporte de mercadorias no país são as rodovias (OLIVEIRA et al, 2017). Dezenas de milhares de caminhões se deslocam diariamente para todas as regiões transportando cargas, muitas vezes perecíveis possuindo prazo para a comercialização, com o menor custo possível e garantia de serviço de qualidade (NOVAES, 2015), sob risco de perdas.

O país possui uma extensa malha rodoviária atingindo praticamente todo o território nacional (VALENTE et al, 2001), composta principalmente por estradas federais e estaduais. Estas estradas são construídas em diversos tipos de solos e diferentes relevos. Minas Gerais apresenta atualmente a maior malha rodoviária federal do país construída em relevo predominantemente ondulado, necessitando, com frequência, de grandes movimentações dos solos das encostas para definição do percurso em que a estrada será construída. Quando se realizam os cortes dos morros, os horizontes do solo expostos são geralmente o B, C e as rochas. Estes horizontes inferiores geralmente apresentam elevada acidez, baixa fertilidade e estrutura de reduzida agregação, facilmente destruída pelas águas das chuvas. Segundo Brant (2011), o custo Brasil no setor de transporte é a soma das variáveis estruturais que impactam no custo final dos produtos, tornando-os menos competitivos. Dentre estas variáveis incluímos os custos pelos acidentes e paralizações decorrentes da queda dos taludes rodoviários.

O solo é uma estrutura de formação natural e independente, pois além de possuir características do material de origem, possui também atributos que expressam os fatores ambientais. Em função destas afirmações considera-se como variáveis independentes na formação dos solos o clima, os organismos o material de origem, o relevo e o tempo.

As modificações que ocorrem nos solos devido à ação dos fatores ambientais podem corresponder a uma seqüência de eventos e reações, promovendo um arranjo de materiais na massa do solo e alterações nas características morfológicas e nas propriedades químicas, físicas e mineralógicas.

O relevo é um dos principais fatores que exercem forte influência na evolução e desenvolvimento dos solos e possuem influência marcante na sua condição hídrica. Estas influências refletem nos microclimas e nas características da vegetação natural, além das características e propriedades dos solos.

Os solos onde o relevo é mais suave são mais profundos com boa caracterização do seu perfil, enquanto nas encostas íngremes os solos são mais rasos e com menor diferenciação entre os horizontes devido ao excessivo escoamento superficial de água que favorece a remoção de material do solo.

Quando se desenvolve um trabalho de diagnóstico e conservação ambiental, torna-se necessário idealizar o conjunto (natural e social) e de que forma este somatório de fatores se manifesta. Compreender apenas alguns fatores desta realidade sem se obter a visão do conjunto, induz a decisões inadequadas. A pesquisa ambiental, mais precisamente a pesquisa geográfica da região é fundamental na obtenção de diagnósticos adequados e, conseqüentemente, possibilitar a elaboração de prognósticos.

No estudo das diversas formas e processos de movimentação da massa do solo, o principal está relacionado ao deslizamento das encostas em função da interferência e persistência da atividade do homem. Esta interferência humana é de grande variância de causas e mecanismos complexos, além de grande variabilidade dos materiais envolvidos.

Os deslizamentos são considerados em muitos casos, fenômenos naturais como o intemperismo e a erosão que formam a paisagem da superfície terrestre. O Brasil, por suas condições climáticas e grandes extensões de áreas montanhosas está sujeito ao movimento de massa das encostas. Além das movimentações de origem natural ocorre no país um grande número de acidentes induzidos pela ação antrópica. Ocorrem com frequência no país, principalmente durante o período de chuvas mais intensas,

deslizamentos induzidos por cortes no solo para implantação de moradias, desmatamentos, atividades de pedreira, deposição final de lixo e na construção de estradas. (GUERRA e CUNHA, 1995).

A formação de camadas do solo compactadas superficial ou sub superficialmente, no perfil de alguns solos principalmente naqueles que sofreram grande ação antrópica, tem sido responsável pelo impedimento ao aprofundamento radicular e considerada causa primária da erosão. Em geral, as camadas compactadas do solo apresentam poucas raízes, baixa atividade biológica e reduzida macroporosidade (CARDOSO et al., 2003). A porosidade e a aeração do solo são atributos físicos importantes no desenvolvimento das raízes (ALVARENGA et al., 1996). Segundo Shierlaw e Alston (1984), a compactação do solo reduz a quantidade de macroporos, limitando a penetração das raízes. As consequências dessas alterações no solo compactado são as modificações morfológicas e fisiológicas das raízes, específicas a cada espécie, visando a adaptação (MULLER et al., 2001).

O crescimento e desenvolvimento dos sistemas radiculares e da parte aérea das plantas dependem das interações entre fatores bióticos e abióticos dos ecossistemas (FREITAS et al., 2005). A quantidade e a extensão das raízes que se desenvolvem em condições ambientais específicas estão diretamente relacionadas às características do solo e os fatores genéticos das plantas, como o balanço da relação entre parte aérea e sistema radicular e o manejo do solo (JOHN et al., 2002; HERTEL et al., 2003). Valcarcel et al. (2007) verificaram que povoamentos vegetais com maior diversidade de espécies se mostrou mais equilibrado na produção de raízes finas, sendo mais eficiente nos processos auto-sustentáveis de construção de solos e de reabilitação de áreas impactadas.

As leguminosas utilizadas como adubos verdes são preferidas na recuperação de solos devido a sua capacidade de produção de massa vegetal, seu sistema radicular robusto e profundo, além da fixação biológica de nitrogênio (MUZILLI, 1986; De POLLI et al., 1990). Vários trabalhos demonstram os efeitos benéficos das leguminosas. São destacados como boas produtoras de massa verde a mucuna preta, crotalaria paulínea e o feijão de porco (MIYASAKA et al., 1984).

A parte aérea das plantas protege o solo contra o impacto das gotas de chuva, evitando que atinjam diretamente o solo descoberto, dissipando a sua energia e evitando a desagregação das partículas estruturais do solo. Bertoni e Lombardi Neto (1985), constataram que a erosão causada pela energia cinética da chuva é 256 vezes maior que a da enxurrada.

As plantas utilizadas para cobertura e proteção do solo devem apresentar um rápido crescimento e uma arquitetura adequada, pois esta característica possui um papel importante no controle da erosão, sendo as plantas baixas e densas mais eficientes que as altas e menos densas, pois estas permitem que parte das gotas golpeiem diretamente o solo. A cobertura vegetal também forma obstáculos na superfície do solo, influenciando positivamente a redução da velocidade de escoamento da água da enxurrada, aumentando a infiltração. (MONEGAT, 1991).

Alguns trabalhos mostraram que aumentando o teor de matéria orgânica do solo, aumenta-se também a velocidade final de infiltração de água, sendo necessária uma chuva de maior intensidade para se iniciar a enxurrada. A quantidade de solo carregado na enxurrada está inversamente relacionada aos teores de matéria orgânica do solo (MOTA, 1981).

O presente trabalho teve por objetivo verificar o processo de melhoria das condições físicas do solo utilizando espécies leguminosas e uma gramínea quando cultivadas em diferentes sistemas de manejo nos taludes situados as margens das estradas, a sua capacidade de reestruturação destes solos.

2. METODOLOGIA

O experimento foi desenvolvido na região Leste de Minas Gerais às margens da BR 381 no município de Governador Valadares onde o corte do solo (talude) foi caracterizado como Argissolo vermelho amarelo eutrófico.

O talude foi construído utilizando a relação 2:1 (vertical:horizontal) com ângulo de inclinação com a horizontal de aproximadamente 63,4°. O talude possui 19 metros de altura média, construído em rampa contínua e 75 metros de largura com exposição dos horizontes A, E e B incluindo os de transição B/C

e C.

Foram utilizadas leguminosas de porte arbustivo e herbáceo: guandu (*Cajanus cajan*), leucena (*Leucaena leucocephala*), crotalaria (*Crotalaria juncea*) e uma gramínea, a braquiária (*Brachiaria brizantha*).

Foram construídos pequenos sulcos horizontais nas encostas com cinco centímetros de largura, em curva de nível, com inclinação para o interior do talude, favorecendo o acúmulo de água e a retenção das sementes. A distância vertical entre os sulcos foi de 0,5 metros. Todo o processo de preparação dos sulcos foi realizado manualmente.

Foram retiradas amostras de solo das encostas visando determinar a quantidade de corretivo e fertilizantes a serem utilizados. Os resultados da análise físico-química encontram-se nas Tabelas 1 e 2. Como corretivo foi utilizado o calcário dolomítico (2,0 Ton/ha, 100% PRNT) que foi aplicado a lanço em toda a área da encosta. O fertilizante de plantio utilizado foi o N-P-K 4-14-8, (500 kg/ha) aplicado nos sulcos de acordo com a recomendação da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (Ribeiro et al., 1999) e misturado ao solo para evitar danos às sementes. As sementes foram semeadas de forma contínua de modo a se obter um adensamento de plantas, de 30 a 40 por metro linear.

A encosta foi cultivada em outubro de 2004, início do período chuvoso. Durante o desenvolvimento inicial das plantas foi realizada uma adubação de cobertura com uréia (45% de N) através de diluição em água e aplicação com caminhão pipa e bomba de pressão para que o adubo atingisse os setores mais elevados da encosta.

Neste trabalho foram utilizados os seguintes tratamentos: Monocultivo da leucena, guandu, crotalária e braquiaria, cultivo da braquiária, crotalaria e guandu consorciados, cultivo da crotalária e braquiaria consorciados. Cada parcela experimental foi definida com três metros de largura com três repetições sendo cada repetição disposta em um setor do talude. Nos cultivos consorciados foi realizada a semeadura de apenas uma cultura por linha, com as culturas intercalando-se ao longo do perfil do talude.

A coleta das amostras de solo do talude, foram realizadas antes da implantação do experimento e 18 meses após a semeadura das culturas.

Foram realizadas as seguintes avaliações físicas do solo:

Armazenamento de água (capacidade de campo): Foram utilizados anéis metálicos de seis centímetros de altura e cinco centímetros de diâmetro com 117,75 cm³ de volume para retirada das amostras de solo indeformadas nas linhas de cultivo e entrelinhas da região central das parcelas experimentais.

Após a coleta os anéis foram protegidos em sacos plásticos e transportados para o laboratório de solos da Universidade Vale do Rio Doce. A parte inferior dos anéis foi protegida com material poroso para evitar a saída do solo. Em seguida os anéis foram mergulhados em cuba plástica com água com o nível atingindo 2/3 da altura do anel.

O período de saturação dos solos dos anéis foi de 24 horas. Após esta fase os anéis foram retirados das cubas e drenados durante 24 horas utilizando apenas o potencial gravitacional sob pressão de 1,0 atm para retirada da água dos macroporos. Os anéis foram vedados na sua superfície superior com papel alumínio visando eliminar a ocorrência de perdas de água por evapotranspiração.

Em seguida os solos foram retirados dos anéis e pesados em balança de precisão para determinação do seu peso saturado (capacidade de campo). Posteriormente foram colocados em estufa a 105° c para retirada total da água por um período de 72 horas.

Após a secagem o solo foi novamente pesado em balança de precisão para determinação do seu peso seco e a sua capacidade total de armazenamento de água (% umidade) pela fórmula:

$$\%Umid. = (P.U. - P.S)/P.S. \times 100$$

Densidade aparente: Foram coletadas amostras de solo indeformadas das parcelas experimentais com os mesmos anéis metálicos citados anteriormente. As amostras foram coletadas na região central das parcelas experimentais, nas linhas de cultivo e entrelinhas.

Após a coleta as amostras foram condicionadas em sacos de papel e mantidas em estufa de secagem a 105° c por 72 horas. Em seguida foi realizada a determinação do peso seco do solo através da utilização de

balança de precisão e, em seguida calculada a densidade aparente das amostras através da fórmula:

$$\text{Dap.} = \text{massa do solo seco(gramas)/volume do anel (cm}^3\text{)}$$

Foi realizada a análise de correlação de Pearson dos fatores estudados (capacidade de campo e densidade do solo) utilizando $P < 0,05$.

Tabela 1. Análise química das amostras do solo do talude as margens da BR381 em Governador Valadares, MG.

Local	pH	P (mg/dm ³)	K (mg/dm ³)	Ca (cmolc/dm ³)	Mg (cmolc/dm ³)	Al (cmolc/dm ³)	H+Al (cmolc/dm ³)	M.O. (dag/Kg)	C (%)	Prem (mg/L)	S (cmolc/dm ³)	T (cmolc/dm ³)	t (%)	V (%)	m
BR381	5,73	2,63	141,68	0,34	1,74	1,00	1,38	0,52	0,30	44,30	2,44	3,82	3,44	60,98	32,76

Tabela 2. Análise granulométrica das amostras de solo da encosta as margens da BR381 em Governador Valadares, MG.

Local	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila
BR381	30,86%	17,90%	46,82%	4,42%

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Anterior ao porcesso de implantação do experimento, amostras de solo para determinação de sua densidade aparente foram coletadas em diversos pontos do talude. Mas, como a encosta apresentava conformação de meia laranja, acarretou coletas de solos em diferentes profundidades e, conseqüentemente, em diferentes horizontes, em relação a superfície exposta do solo. Desta forma, o talude foi dividido em setor superior, mais próximo a superfície e setor inferior, próximo a base do talude.

Podemos observar na Tabela 3, que na parte alta do talude mais próximo à superfície do solo, a sua densidade variou entre 1,158 e 1,544 g/cm³ com média geral de 1,413 g/cm³, indicando um solo com características de adensamento leve a médio. Os valores mais baixos ocorreram porque as amostras foram coletadas no horizonte A, de menor densidade.

No setor inferior, próximo a base do talude e com grande exposição do horizonte C, as amostras apresentaram características mais acentuadas de adensamento com valores de densidade aparente variando entre 1,368 e 1,847 g/cm³, com média de 1,527 g/cm³. Provavelmente, devido ao início do processo

de intemperização sem grandes deslocamentos internos de material mineral pela percolação de água e a manutenção das características da rocha original formaram este setor do solo com estas características.

A maior uniformidade da densidade do solo foi observado nas camadas superiores, onde o desvio padrão correspondeu a 8,3% da média geral podendo ser justificado pelo maior intemperismo e estabilização das características das partículas minerais neste setor do solo quando comparado ao cálculo de densidade aparente do setor inferior do talude, em processo menos intenso de intemperização e com características do material primário do solo. Neste caso o desvio padrão correspondeu a 11,2% da média.

Tabela 3. Densidade das amostras do perfil do solo (g/cm^3) localizado em um talude as margens da BR 381 em Governador Valadares, MG, antecedente ao processo de cultivo.

	Pontos de coleta											Média	D. Padrão
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
Parte alta	1,468	1,252	1,458	1,368	1,461	1,474	1,543	1,409	1,410	1,158	1,544	1,413	0,1175
Parte baixa	1,356	1,368	1,572	1,389	1,847	1,543	1,455	1,409	1,552	1,781	-	1,527	0,1708

Na Tabela 4 foi avaliada a densidade do solo em diferentes condições de cultivo com gramínea e leguminosas. A maior parte das parcelas experimentais estavam alocadas no setor do perfil do solo com exposição do horizonte C, rico em minerais primários, estrutura frágil e baixa porosidade. Nesta etapa, os valores mais elevados de densidade aparente das parcelas foram obtidos no tratamento braquiaria em monocultivo, com valor de $1,703 \text{ g/cm}^3$ indicando um solo de alto grau de compactação e adensamento, o mesmo acontecendo no tratamento com leucena em monocultivo onde a densidade foi de $1,647 \text{ g/cm}^3$.

Os melhores resultados foram obtidos no tratamento com guandu em monocultivo onde o valor da densidade aparente da parcela foi de $1,522 \text{ g/cm}^3$.

Na avaliação individual das linhas de cultivo e entrelinhas, verifica-se que o efeito do desenvolvimento do sistema radicular das plantas alterou o comportamento da densidade do solo em relação às entrelinhas, com exceção dos tratamentos com guandu e leucena em monocultivo onde a densidade

aparente das linhas foi superior as entrelinhas em 11,18% e 3,42% respectivamente.

O melhor desempenho das plantas na redução da densidade do solo foi obtido no tratamento com consórcio triplo, crotalária, guandu e braquiaria que apresentaram redução de valores em relação as entrelinhas de cultivo de 19,39%, 14,93% e 29,46%, respectivamente.

As elevadas reduções da densidade dos solos nas linhas de plantio da braquiaria foram observadas no cultivo consorciado com as leguminosas. No cultivo solteiro o resultado foi pouco expressivo com redução da densidade do solo na linha de plantio de apenas 2,32% em relação a densidade do solo da entrelinha.

Segundo Camargo e Alleoni (1997), as plantas com características de descompactação do solo podem proporcionar um rompimento mais uniforme da camada compactada melhorando o estado de agregação do solo.

Tabela 4. Densidade aparente dos solos (g/cm^3) nas linhas e entrelinhas do talude da BR 381, cultivado com diferentes espécies vegetais.

Tratamentos	Densidade aparente média da parcela experimental	Densidade aparente específica de cada setor	Redução da Densidade aparente das linhas de cultivo em relação a entrelinha (%)
Guandu	1,522	1,561	-11,18%
Entrelinha		1,404	-----
Leucena	1,647	1,661	-3,42%
Entrelinha		1,606	-----
Crotalaria		1,589	8,89%
Braquiaria	1,605	1,529	12,33%
Entrelinha		1,744	-----
Crotalaria		1,488	19,39%
Guandu	1,551	1,570	14,93%
Braquiaria		1,302	29,46%
Entrelinha		1,846	-----
Crotalaria	1,596	1,526	15,55%
Entrelinha		1,807	-----
Braquiaria		1,693	2,31%
Entrelinha	1,703	1,733	-----

Observa-se na Tabela 5 que a densidade aparente do solo nas linhas de cultivo foi inferior a densidade das entrelinhas em 8,5%, indicando que a presença das raízes das plantas promoveu novamente a redução da densidade do solo na linha de plantio. A maior contribuição neste resultado foi promovida pela presença da braquiaria que promoveu redução média mais intensa da densidade do solo na linha de plantio em relação as leguminosas. Entre as leguminosas cultivadas verifica-se um melhor desempenho da crotalária na redução da densidade do solo e a leucena com o pior resultado.

Tabela 5. Densidade aparente de cada setor (entrelinhas e linhas cultivadas) avaliada no solo do talude da BR381 cultivada com diferentes espécies vegetais.

Tratamentos	Densidade aparente (g/cm ³)	Desvio Padrão
Entrelinhas	1,690	± 0,162
Linhas	1,547	± 0,112
Braquiaria	1,508	± 0,196
Leguminosas	1,566	± 0,059
Guandu	1,566	± 0,001
Leucena	1,661	-----
Crotalária	1,534	± 0,051

Avaliando a capacidade de campo média dos solos das parcelas experimentais na BR381 (Tabela 6), verifica-se que o monocultivo da crotalária foi o tratamento menos eficiente na retenção de água do solo, diferente do tratamento com cultivo consorciado entre guandu, crotalária e braquiaria que apresentou o melhor desempenho com 27,19% de retenção de água.

Individualmente, verifica-se que os solos das linhas de plantio apresentaram maior capacidade de retenção de água quando comparados as respectivas entrelinhas. Os resultados mais significativos foram obtidos nos tratamentos monocultivo de guandu e leucena com valores 23,28% e 22,11%, respectivamente. Estes resultados foram obtidos, provavelmente pela presença de poros totais e da matéria orgânica no solo das linhas, produzida pelas raízes durante o desenvolvimento das plantas.

No tratamento consorciado com guandu, crotalaria e braquiaria, a maior contribuição para o desempenho positivo deste tratamento foi dado pela braquiaria com capacidade de campo na linha de 30,40%, valores 20,16% superiores aos obtidos nas entrelinhas de cultivo. Os menores valores de

capacidade de campo foram identificados na linha de cultivo da crotalaria consorciada que apresentou valores semelhantes ao solo das entrelinhas.

Tabela 6. Capacidade de campo dos solos nas linhas e entrelinhas do talude da BR 381, cultivado com diferentes espécies vegetais e a evolução da retenção de água em função do desenvolvimento das plantas.

Tratamentos	Capacidade de campo média das parcelas experimentais (%)	Capacidade de campo específica por setor (%)	Aumento da capacidade de campo das linhas de cultivo em relação a entrelinha (%)
Guandu	26,38%	27,69%	23,28%
Entrelinha		22,46%	-----
Leucena	25,21%	26,40%	22,11%
Entrelinha		21,62%	-----
Crotalaria	26,14%	25,83%	9,36%
Braquiaria		28,11%	19,01%
Entrelinha		23,62%	-----
Crotalaria	27,19%	25,20%	-0,40%
Guandu		27,84%	10,04%
Braquiaria		30,40%	20,16%
Entrelinha		25,30%	-----
Crotalaria	20,49%	21,06%	12,08%
Entrelinha		18,79%	-----
Braquiaria	24,07%	24,97%	16,85%
Entrelinha		21,37%	-----

Na Tabela 7, observa-se que o solo da linha de plantio apresentou, de modo geral, capacidade de campo 16% superior da capacidade de campo das entrelinhas de plantio, sendo que, a maior contribuição foi dada pelo desenvolvimento da cultura da braquiaria com 27,83%, em média e superior as leguminosas com 25,67%.

Em relação às leguminosas, a maior contribuição na retenção de água foi dada pela cultura do guandu que alcançou valores semelhantes aos obtidos pela braquiaria. De modo geral, o menor desempenho na retenção de água do solo foi obtido com o cultivo da crotalaria.

Tabela 7. Capacidade de campo de cada setor (entrelinhas e linhas cultivadas) avaliada no solo do talude da BR381 cultivada com diferentes espécies vegetais.

Tratamentos	Capacidade de campo (%)	Desvio Padrão
Entrelinhas	22,19%	± 2,207
Linhas	26,39%	± 2,621
Braquiaria	27,83%	± 2,726
Leguminosas	25,67%	± 2,483
Guandu	27,77%	± 0,106
Leucena	26,40%	-----
Crotalária	24,03%	± 2,591

Avaliando as correlações das densidades aparentes e da capacidade de campo (Tabela 8), verifica-se que, na análise geral, sem distinção da encosta, que nos solos das entrelinhas ocorreu uma correlação negativa e significativa, indicando que, quanto maior a densidade do solo ou o seu grau de compactação, menor é a capacidade de retenção máxima de água neste solo (capacidade de campo).

Nas linhas específicas com a cultura da braquiaria e leguminosas não foram observadas características significativas de correlação. Segundo Coelho et al. (2000) a relação entre a resistência, densidade e o conteúdo de água variam entre os solos.

Tabela 8. Correlação entre a densidade aparente dos solos e a capacidade de campo das variáveis analisadas (linhas e entrelinhas; culturas e coletas).

Sistemas	Densidade aparente x Capacidade de campo
BR381	
Entrelinhas	-0,5657*
Linhas	-0,1632n.s.
Linhas/Leguminosas	0,0474n.s.
Linhas/Braquiaria	-0,3163n.s.

*significativo a 5%
n.s.: não significativo

Pela decomposição das raízes das plantas, formam-se canalículos no solo os quais aumentam a infiltração de água. Gustafson (1957), salienta que as plantas com um sistema radicular fino, denso e ramificado são mais eficientes para reter o solo e evitar a erosão e o arraste, sendo as raízes das leguminosas menos eficazes para este fim que os da gramíneas, porque as primeiras se decompõem com maior rapidez. Esta afirmação corrobora com os resultados médios obtidos neste experimento quando comparamos os resultados das linhas de plantio da braquiaria com as demais leguminosas, em

ambas variáveis analisadas, densidade aparente do solo e capacidade de campo.

Mitchell (1965) e Dechen et al. (1981) apud Freitas (1997), ressaltam que, devido a abundância, forma e distribuição do seu sistema radicular, com conseqüente efeito sobre a agregação do solo bem como o tipo de cobertura promovida pela parte aérea, diversas gramíneas de alta densidade de plantas por hectare protegem melhor o solo. Por outro lado, a maioria das espécies leguminosas possuem raiz pivotante atingindo maiores profundidades, podendo descompactar solos adensados. Em ambos os casos, após a sua decomposição, formam-se verdadeiras galerias no solo por onde infiltra a água das chuvas com maior rapidez.

Myasaka (1984) cita que as raízes propiciam um aumento da porosidade em favor da permeabilidade mostrando ser a fonte primária de agentes estabilizadores da estrutura do solo. As profundidades atingidas variam com as diferentes espécies. Segundo Costa (1985) a matéria orgânica atua na diminuição da densidade aparente do solo, aumento da porosidade total e da macroporosidade.

Igue (1984) cita também que as gramíneas são mais capazes de atuar na formação dos agregados pela ação direta das raízes, sendo a sua superfície total de contato relativamente grande, provocando assim mudanças constantes sobre as partículas do solo na zona da rizosfera. Segundo Stumpf et al (2018) o cultivo de diversas espécies de gramíneas reduziu a densidade do solo após onze anos de cultivo devido ação física das raízes no solo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presença das plantas beneficiou de modo geral as características físicas do solo. A braquiaria apresentou maior resistência ao estresse ambiental da região e maiores efeitos nas características físicas do solo, tanto na redução da densidade aparente quanto no aumento da capacidade de retenção de água, apresentando melhor desempenho médio quando comparado as leguminosas. A redução da capacidade de reter água dos solos

ficou clara nos solos adensados das entrelinhas, o mesmo não ocorrendo com os solos das linhas de plantio onde os efeitos das raízes foram positivos.

Agradecimentos

Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) pelas bolsas de estudo e auxílio financeiro concedido.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M.; MOURA FILHO, W.; REGAZZI, A. J. Crescimento de leguminosas em camadas de solo compactadas artificialmente. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.20, n.2, p.319-326, 1996.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Piracicaba: Livroceres, 392p. 1985.
- BRANT, F. M. C. **análise, redução de custo e peso em veículos rodoviário de carga reboque linha de três eixos**. UNESP. Guaratinguetá, 2011, 67p.
- COELHO, M. B.; MATEOS, L.; VILLALOBOS, F. J. Influence of a compacted loam subsoil layer on growth and yield of irrigated cotton in Southern Spain. **Soil and Tillage Research, Amsterdam**, v.57, n.3, p.129-142, 2000.
- CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: ESALQ. 132p. 1997.
- CARDOSO, E. G.; ZOTARELLI, L.; PICCININ, J.; TORRES, J. Distribuição do sistema radicular da cultura da soja em função do manejo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29, Ribeirão Preto. Anais SBCS, 2003. CD ROM.
- COSTA, M. B. B. **Adubação orgânica; nova síntese e novo caminho para agricultura**. São Paulo: Ícone, 104p. 1985.
- DE POLLI, H.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. DE; FRANCO, A. A. Adubação verde. **Parâmetros para avaliação de sua eficiência**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISAS SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 8, Londrina, Anais. 33p. 1990.

- FREITAS, V. H. **Eficiência de sistemas de preparo do solo e de culturas no fornecimento de nitrogênio para o milho.** 148p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 1997.
- FREITAS, T.A.S. Desempenho radicular de mudas de eucalipto produzidas em diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.6, p.853-861. 2005.
- GUERRA, A.J. T.; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia e meio ambiente. Rio de Janeiro.** Bertrand do Brasil. 372p. 1995.
- GUSTAFSON, A. F. **Conservacion del suelo.** Mexico: Continental. 329p. 1957.
- HERTEL, D.; LEUSCHNER, C.; HÖLSCHER, D. Size and structure of fine root systems in old-growth and secondary tropical montane forests (Costa Rica). **Biotropica**, Costa Rica, v.35, n.2, p.143-153, 2003.
- IGUE, K. Adubação orgânica. Londrina: IAPAR, 33p. (Informe de Pesquisa, 59). 1984.
- JOHN, B.; PANDEY, H.N.; TRIPATHI, R.S. Decomposition of fine roots of *Pinus Kesiya* and turnover of organic matter, N and P of coarse and fine pine roots and herbaceous roots and rhizomes in subtropical pine forest stands of different ages. **Biology and Fertility of Soils**, v.35, p.238-246, 2002.
- MIYASAKA, S; CAMARGO, O. A. DE; CAVALERI, P. A. **Adubação orgânica, adubação verde e rotação de culturas no estado de São Paulo.** São Paulo: Fundação Cargill.138p. 1984.
- MONEGAT, C. **Plantas de cobertura de solo. Características e manejo em pequenas propriedades.** Chapecó: editado pelo autor, 337p. 1991.
- MOTA, P. E. F. da. Recursos naturais. Preservação e uso racional. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.7, n.80, p.2-7, 1981.
- MÜLLER, M. M. L.; CECCON, G.; ROSOLEM, C. A. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.3, p.531-538, 2001
- MUZILLI, O. **Adubação verde como alternativa para melhoria da fertilidade do solo e racionalização do uso de fertilizantes.** Londrina: IAPAR, 14p. Informe de Pesquisa 68. 1986.

- NOVAES, A. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição**. 4ª Ed. Rio de Janeiro, Elsevier, 2015.
- OLIVEIRA, M. V. A.; ARAÚJO, M. V. M.; ANDRADE, R. L.; PIZOCATO, C. L.; GIORGI, W. A. B.; **Reflexão do transporte rodoviário de cargas**. VI Semana de Ciência, Tecnologia, Inovação e Desenvolvimento de Guarulhos. 6ª SEMCITEC. 2017.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais**. Viçosa, MG, 359p, 1999.
- SHIERLAW, J.; ALSTON, A. M. Effects of soil compaction on root growth and uptake of phosphorus. **Plant Soil, The Hague**, v.77, p.15-28, 1984.
- STUMPF, L.; PAULETTO, E. A.; PINTO, L. F. S.; GEISSLER, L. D.; CASTILHOS, D. D.; SOUZA, D. de L.; PIMENTEL, J. P.; JUNIOR, L. A. D. Biological and physical quality of a mined soil under regeneration with perennial grasses. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. V.13, n.1, p.1-7, 2018.
- VALCARCEL, R.; VALENTE, F. D. W.; MOROKAWA, M. J.; CUNHA NETO, F. V.; PEREIRA, C. R. Avaliação da biomassa de raízes finas em área de empréstimo submetida a diferentes composições de espécies. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.5, p.923-930, 2007.
- VALENTE, A. M.; PASSAGLIA, G.; NOVAES, A. G.; **Gerenciamento de transporte de frotas**. São Paulo. Pioneira Thompson Learning, 2001.

Enviado em: 27/08/2018

Aceito em: 12/12/2019

Editor Chefe: Everaldo dos Santos

Editora Adjunta: Manuela Dreyer Silva