

**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SUL DE MINAS GERAIS**
Campus Inconfidentes

RAFAEL XAVIER SOUZA

**RESPOSTA DE DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DO CAPIM
VETIVER (*Chrysopogon zizanioides* (Linnaeus) Roberty) NA PROTEÇÃO
DE ENCOSTA**

**INCONFIDENTES-MG
2012**

RAFAEL XAVIER SOUZA

**RESPOSTA DE DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DO CAPIM VETIVER
(*Chrysopogon zizanioides* (Linnaeus) Roberty) NA PROTEÇÃO DE
ENCOSTA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como pré-requisito de conclusão do curso de Graduação Tecnológica em Gestão Ambiental no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Inconfidentes, para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Orientadora: Lilian Vilela Andrade Pinto

Co-orientador: Michender Werison Motta Pereira



INCONFIDENTES-MG

2012

RAFAEL XAVIER SOUZA

**RESPOSTA DE DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DO CAPIM VETIVER
(*Chrysopogon zizanioides* (Linnaeus) Roberty) NA PROTEÇÃO DE
ENCOSTA**

**Orientadora: Prof^a. DSC. Lilian Vilela Andrade Pinto
IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes**

**Co-orientador: Michender Werison Motta Pereira
Gestor Ambiental pelo IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes**

**Prof. DSC. Ademir José Pereira
IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes**

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a DEUS por ter me dado força e paciência nos momentos difíceis para realização deste trabalho de conclusão de curso.

Aos meu pais, demais familiares, professores e todos os meus amigos, que de alguma forma contribuíram com minha formação e me apoiaram no desenvolvimento deste trabalho

À FAPEMIG pelo apoio financeiro ao projeto e Bolsa de Iniciação Científica PIBIC.

A minha orientadora e professora, Lilian, muito obrigado por tudo, por ter me ajudado na execução do trabalho. Por ter me cobrado sempre por resultados, pois foram estas cobranças que me fizeram conhecer novos lugares.

A meu amigo, colega e co-orientador Michender Werison Motta Pereira que está comigo desde o início da caminhada que começou em 2005 quando éramos alunos do curso Técnico em Agropecuária, loucos, perdidos, sem destino. Você que me ajudou no meu Trabalho de Conclusão de Curso, trabalho este que é mais seu, Michender, do que meu propriamente dito, visto vir lutando desde o curso Técnico até hoje com o capim Vetiver, juntamente com o Rafael Lacerda Cobra para mostrar os benefícios desta planta.

Aos meus irmãos de projeto, Vinicius Alves Candido (Agrofloresta) e Luana Auxiliadora de Resende (Lixão) filhos da mesma mãe, Lilian.

Ao Bic Junior Josué Alexandre Ferreira do fomento interno do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes.

Ao IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes por todo apoio em infra-estrutura e serviços, mesmo diante de tantas dificuldades.

Aos laboratórios do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes que funcionando ou não, dentro das expectativas contribuiu para realização do meu Trabalho de Conclusão de Curso durante os últimos 2 anos.

A maquina de Xerox da fazenda que por incrível que pareça não estava quebrada no dia da impressão do Trabalho de Conclusão de Curso.

Aos funcionários da fazenda Sr Dito, João e Jorge (guardinhas) e aos demais funcionários da fazenda que contribuíram com meu trabalho.

A incubadora de empresas, Incetec, que foi um dos ambientes mais frequentados em minha graduação, férias, sábados, domingos e feriados. Aos coordenadores Adriana Dalo e Oswaldo Francisco Bueno pelo espaço e confiança.

A MRVetiver que ofereceu estágio e contribui para o meu conhecimento sobre o capim vetiver.

A Barn's Pizzaria e Restaurante, pela confiança, um dos maiores empreendimentos de Inconfidentes – MG, que funciona de quinta a domingo e emprega o maior numero de Gestores Ambientais do Sul de Minas. Gestores ambientais: Douglas Batista, Efrain Diniz, Joseph Robert Fernandes Fraga, Silas Dias Rosa, Marina Baldim, Joelma Eunice. E em especial a minha gatinha manhosa Cristiane (Cris) e minha sogra Dona Maria. E os demais colaboradores: Magno, Leandro, Jailton, Alex, Janaina, Julia, Lilian, Osmair e Margarete. E aos meus patrões Gisele e Cleber (Barn's).

A REP monstro com os caras mais Bonitos do Sul de Minas como integrantes: Eu (fofinho), Muller (pai monstro), Rodrigo (negão), Joe (sujo) e a sua namorada Jessica que me liga todos os dias para perguntar do Joe sujo. E em especial ao melhor amigo da REP Jacob (Jek), que vive sempre na rua atrás dos carros, motos, cavalos.

A ECOmip e aos meus sócios e companheiros de caminhada Rafaela Costa, Juliano Antonio de Freitas (Zé Morango, pesquisador do Yahoo perguntas e respostas)

Aos companheiros do Bar do Jair quando as aulas estavam chatas, Eder Oliveira do Couto, Samira Alves Porto, Patrícia Pereira e Letícia Morais Toledo.

Aos colegas de sala Rodrigo (Bueno mano), Paula, Leandro, Eliane, Lucas, Sara....

RESUMO

O capim Vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) apresenta rápido crescimento e formação cerrada, forma barreira densa junto ao solo e não é uma espécie invasora, podendo ser uma prática vegetativa eficiente na contenção da erosão de encostas quando plantado no espaçamento adequado. O experimento foi instalado em delineamento estatístico em blocos ao acaso em uma encosta experimental com declividade maior que 30° e rampa de 6m. As parcelas têm dimensão de 6m de comprimento e 2,5m de largura, com bordaduras de 0,5m de cada lado da parcela. As mudas foram plantadas em março de 2010 em dez diferentes espaçamentos, sendo em metros: 1 x 0,15, 1 x 0,30, 1 x 0,45, 1,5 x 0,15, 1,5 x 0,30, 1,5 x 0,45, 2 x 0,15, 2 x 0,30, 2 x 0,45 e 0x0 (testemunha/sem plantas/solo nu). Os objetivos deste trabalho foram: i) avaliar o efeito dos diferentes espaçamentos do capim Vetiver no escoamento superficial, infiltração, perda de solo por erosão hídrica e turbidez da água escoada em função de diferentes classes de precipitação pluviométrica; ii) avaliar se os diferentes espaçamentos do capim Vetiver exercem influência na resistência a penetração do solo; e iii) identificar o melhor espaçamento do capim Vetiver para a estabilização/recuperação de encosta. Os dados de precipitação foram analisados no período de março de 2010 a março de 2012 e foram organizados em quatro classes de precipitação, sendo: A) 02 a 05 mm; B) 09 e 10 mm; C) 15 a 20 mm e D) 25 a 35 mm. A resistência a penetração do solo foi avaliada aos 12, 17 e 24 meses após o plantio. As variáveis escoamento superficial e turbidez apresentou valores estatisticamente diferentes entre os espaçamentos nas classes (A, B, C e D) e infiltração e perda de solo nas classes de precipitação B, C e D. O espaçamento entre plantas de 0,45 m apresentou sempre maior valor de perda de solo com a mudança dos espaçamentos entre linhas e nas diferentes classes de intensidade, com exceção da classe B. Ao avaliar as variáveis escoamento superficial, infiltração, perda de solo e turbidez em conjunto verificou-se que o tratamento testemunha diferenciou estatisticamente dos demais tratamentos com plantas de Vetiver quando avaliadas as variáveis infiltração, perda de solo e turbidez. O tratamento testemunha, juntamente com os espaçamentos com baixa densidade de plantas por 100 m² (2,0x0,45 m e 2,0x0,30 m com 111 e 166 plantas/100m²) também apresentou maiores valores da resistência a penetração do solo significativamente. Dos espaçamentos com plantas, os que apresentaram menores valores de escoamento superficial, perda de solo e turbidez e maior infiltração foram: 1,0x0,15 m com 666 plantas por 100 m²; 1,0x0,30 m com 333 plantas por 100 m² e 1,5x0,15 m com 444 plantas por 100 m². Estes três espaçamentos estão entre os que promoveram menores valores de resistência a penetração, se destacando o espaçamento 1,5x0,15 m por proporcionar, entre estes espaçamentos, redução significativa da resistência a penetração do solo já aos 17 meses do plantio. Com base nos resultados obtidos ao estudar as variáveis escoamento superficial, infiltração, perda de solo, turbidez e resistência a penetração, destaca - se que nas condições experimentais em estudo o melhor espaçamento de plantio é o de 1,5x0,15 m para a estabilização/recuperação de encostas/taludes.

Palavras-Chave: Escoamento superficial, infiltração, turbidez, resistência a penetração, classes de precipitação, erosão.

ABSTRACT

The Vetivergrass (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) exhibiting rapid growth and tight formation, so dense barrier close to the ground and is not an invasive species can be an effective vegetative practice restraint in hillside erosion when planted in proper spacing. The experiment was installed on statistical design in randomized blocks experiment on a hillside with slopes greater than 30 ° and ramp of 6 m. The plots are too small to 6 m long and 2.5 m wide with 0.5 m borders on each side of the plot. The plots are length dimension of 6 m and 2.5 m wide, 0.5 m with borders on each side of the parcel. The seedlings were planted in March 2010 in ten different spacings are in meters: 1 x 0.15 x 10.30, a 0.45 x 1.5 x 0.15 1.5 x 0.30 , 1.5 x 0.45 x 0.15 2, 2 x 0.30, 0.45 and 2 x 0 x 0 (control / no plants / bare soil). Our objectives were: i) evaluate the effect of different spacings of Vetiver grass in runoff, infiltration, soil loss by water erosion and turbidity of runoff for different classes of rainfall; ii) assess whether the different spacing of the Vetivergrass influence on resistance to soil penetration; and iii) identify the optimal spacing of Vetiver grass for the stabilization/recovery slope. The precipitation data were analyzed from March 2010 to March 2012 and were organized into four classes of precipitation, where: A) 02-05 mm; B) 09 to 10 mm, C) 15 to 20 mm and D) 25 to 35 mm. The soil penetration resistance was evaluated at 12, 17 and 24 months after planting. Variables runoff and turbidity values were statistically different between the spacing classes (A, B, C and D) and infiltration and soil loss in rainfall classes B, C and D. The plant spacing of 0.45 m was always higher amount of soil loss by changing the spacing between lines and in different intensity classes, except Class B. In assessing the variables runoff, infiltration, soil loss and turbidity together it was found that the control treatment differed statistically from the other treatments with Vetiver plants when evaluated variables infiltration, soil loss and turbidity. The control treatment, together with the spacing of low density of plants per 100 square meters (2.0 x 0, x 0 2.0 45 m, 30m with 111 and 166 plants/100m²) also showed higher values of soil penetration resistance significantly. With spacing of plants, with smaller amounts of runoff, soil loss and increased turbidity and infiltration were: 1,0 x 0, 15 m with 666 plants per 100 m², 1,0 x 0,30 m with 333 plants per 100 m² and 1.5 x 0, 15 m with 444 plants per 100 m². These three spaces are among those who have promoted lower values of penetration resistance, highlighting the spacing is 1.5 x 0, 15 m by providing, among these spacings, a significant reduction in resistance to soil penetration already at 17 months after planting. Based on the results obtained by studying the variables runoff, infiltration, soil loss, turbidity and penetration resistance and plant density, says - that under the experimental conditions studied the best planting space is 1.5 x 0, 15 m for the stabilization/recovery slopes/embankments.

Key Words: Runoff, infiltration, turbidity, penetration resistance, classes of rainfall, erosion.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Proteção do solo influenciada pela perfilhação de raízes de Vetiver.....	11
Figura 2. À esquerda corte transversal demonstrando o acúmulo de sedimentos formados pela retenção da touceira de Vetiver, os sedimentos retidos contem substrato de alta fertilidade. À direita esquema representativo as quais as letras representam: (A) deposição de sedimentos, (B) Escoamento de água entre as folhas de Vetiver, (C) diminuição da velocidade da água, (D) estabilização do solo pelas raízes.	13
Figura 3. Croqui de um bloco do experimento: A) Bloco com as 10 parcelas dos diferentes espaçamentos. B) Parcela de 2,5m x 6,0m (15m ²), bordadura de 0,5 m nas laterais e área útil de 9m ² , demonstrando ainda as 6 linhas de plantio (espaçamento 1 m entre linhas).	16
Figura 4. Preparo das covas e plantio das mudas no experimento, Inconfidentes/MG.	17
Figura 5. Calhas e baldes de 50 L na parte inferior das parcelas no experimento, Inconfidentes/MG.	18
Figura 6. Medição do volume da solução coletada com régua especial graduada.	20
Figura 7. Coleta de amostra de água.....	22
Figura 8. Análise de turbidez da água, utilizando-se turbidímetro.....	22
Figura 9. Passagem da solução coletada por um coador para separação do solo.	23
Figura 10. Escoamento superficial (mm) nas quatro classes de precipitação em função dos diferentes espaçamentos de plantio.....	27
Figura 11. Escoamento superficial médio (mm) das quatro classes de precipitação em função dos diferentes espaçamentos de plantio, em ordem decrescente do número de plantas por 100m ²	28
Figura 12. Escoamento superficial médio (mm) das quatro classes de precipitação em função dos diferentes espaçamentos de plantio, com ênfase no espaçamento 0,15 entre linhas.	29
Figura 13. Escoamento superficial médio (mm) dos espaçamentos de plantio em função das classes de precipitação.	30

Figura 14. Infiltração de água no solo (mm) média das quatro classes de precipitação em função dos diferentes espaçamentos de plantio, em ordem decrescente do número de plantas por 100m ²	32
Figura 15. Turbidez (NTU) nas quatro classes de precipitação em função dos diferentes espaçamentos de plantio.....	33
Figura 16. Turbidez da Solução escoada (NTU) das quatro classes de precipitação em função dos diferentes espaçamentos de plantio, em ordem decrescente do número de plantas por 100 m ²	34
Figura 17. Perda de Solo (Kg ha ⁻¹) nas quatro classes de precipitação em função dos diferentes espaçamentos de plantio.....	36
Figura 18. Perda de solo (Kg ha ⁻¹) por erosão em encosta coberta por capim Vetiver em diferentes espaçamentos em função da classe de precipitação A (02 a 05 mm), com ênfase no espaçamento 0,45 m entre plantas.	37
Figura 19. Perda de Solo (Kg ha ⁻¹) média das quatro classes de precipitação em função dos diferentes espaçamentos de plantio, em ordem decrescente do número de plantas por 100m ²	38
Figura 20. Perda de Solo média (Kg ha ⁻¹) das quatro classes de precipitação em função dos diferentes espaçamentos de plantio, com ênfase no espaçamento 0,45 entre linhas.	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Benefícios da vegetação arbórea e da vegetação herbácea e gramíneas.....	4
Tabela 2. Efeitos do tipo de uso do solo sobre as perdas por erosão, médias ponderadas para o estado de São Paulo.	7
Tabela 3. Efeito do tipo de cultura anual sobre as perdas por erosão média sob precipitação de 1300 mm e declividade entre 8,5 e 12,5 %.	7
Tabela 4. Eficiência de diferentes tratamentos na redução da perda do solo e na diminuição do escoamento superficial.	8
Tabela 5. Perda de solo e escoamento superficial em vários tratamentos com vegetação em taludes inclinados.....	9
Tabela 6. Espaçamentos de plantio utilizados no experimento.....	16
Tabela 7. Classes de precipitação, volumes precipitados e parâmetros avaliados em cada precipitação, Inconfidentes/MG.	19
Tabela 8. Escoamento superficial médio (mm), nas diferentes classes de precipitação em função do espaçamento de plantio do capim vetiver.	26
Tabela 9. Infiltração Média de água no solo (mm) nas diferentes classes de precipitação em função do espaçamento de plantio do capim vetiver.	31
Tabela 10. Turbidez média (NTU) por erosão hídrica nas diferentes classes de precipitação em função do espaçamento de plantio do capim vetiver.....	32
Tabela 11. Perda de solo média (Kg ha^{-1}) por erosão hídrica nas diferentes classes de precipitação em função do espaçamento de plantio do capim vetiver.....	35
Tabela 12. Resistência a penetração (KPa) de um solo sem cobertura vegetal (testemunha) e submetido ao plantio de capim Vetiver sob diferentes espaçamentos em diferentes profundidades após 17 e 24 meses do plantio.	40
Tabela 13. Resistência a penetração (KPa) de um solo submetido ao plantio de capim Vetiver em diferentes espaçamentos após 12, 17 e 24 meses.....	42

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1. Importância da vegetação na contenção de perdas de solo por erosão	3
2.2. Perdas de solo em função da cobertura vegetal	6
2.3 A gramínea Vetiver (<i>Chrysopogon zizanioides</i>)	9
2.3.1. Benefícios da gramínea Vetiver (<i>Chrysopogon zizanioides</i>)	13
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1. Caracterização da área	15
3.2. Delineamento experimental	15
3.3. Plantio das mudas	17
3.4. Instalação do sistema coletor	17
3.5. Parâmetros avaliados	19
3.5.1. escoamento superficial	19
3.5.2. Infiltração de água no solo	20
3.5.3. Turbidez da solução escoada	21
3.5.4. Perda de solo por erosão	22
3.5.5. Resistência à penetração do solo	23
3.6. Análise estatística	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1. escoamentos superficial	25
4.2. Infiltração de água no solo	30
4.3. Turbidez	32
4.4. Perda de Solo por erosão	35
4.5. Resistência à penetração do solo	39
5. CONCLUSÕES	44
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

1. INTRODUÇÃO

O êxodo rural e a falta de planejamento das cidades provocaram uma série de desequilíbrios que se refletiu direta e indiretamente na população e principalmente no meio ambiente, e estes problemas não se restringem apenas as grandes cidades, mais também aos médios e pequenos centros urbanos (Sarmiento et al., 2008).

Principalmente os países do terceiro mundo e aqueles em vias de desenvolvimento (emergentes) sofrem com o processo de erosão em todas as dimensões, pois não abrigam em seus planos de ação, medidas efetivas que previnam desastres ambientais, assim sendo, é dever da sociedade conscientizar-se da importância da manutenção dos solos, prezando pela manutenção de suas características físicas.

Neste sentido, definiu-se como uma questão de extrema importância à proteção de encostas de forma mais eficiente do ponto de vista teórico, metodológico e prático, principalmente nas cidades, onde os riscos de deslizamento além de causar prejuízo econômico fazem milhares de vítimas a cada ano. No início de 2011, o desastre decorrente do excesso de chuvas nas cidades de Teresópolis, Nova Friburgo e Petrópolis no estado do Rio de Janeiro, chamou a atenção para a importância de práticas de conservação do solo (Dantas, 2011). Técnicos do Conselho Regional de Arquitetura, Engenharia e Agronomia do Rio de Janeiro (CREA-RJ) apuraram que o desmatamento fez a velocidade do escoamento de água atingir mais de 100 km/h em alguns trechos e sugeriram um conjunto de obras de contenção de encostas, como o reflorestamento dos morros, na tentativa de evitar uma nova tragédia.

A utilização de plantas para estabilização de solos caracteriza-se como uma técnica de baixo custo quando comparado com as grandes obras de bioengenharia.

Sob o ponto de vista técnico, para realizarem uma boa revegetação de encosta/taludes as espécies vegetais selecionadas devem possuir rápido crescimento,

facilidade de obtenção de propágulos, retenção de sedimentos, estabelecimento e crescimento em condições adversas de substrato, retendo nutrientes, controlando a erosão e a lixiviação. Para a estabilização de encosta/taludes são características importantes, a proteção superficial fornecida pela parte aérea e que seu sistema radicular, seja o mais volumoso possível (Castro, 2007).

O capim Vetiver é uma gramínea originária da Ásia Tropical que apresenta tais características, pois desenvolve touceiras a uma altura de 1,50 a 2,20 m e raízes profundas, chegando a 5 m em casos de solos férteis, mostrando-se bastante eficiente na contenção de solos, além de apresentar baixo custo de implantação (Castro, 2007). Além disso, pode ser utilizado para minimizar ou evitar as trágicas consequências dos deslizamentos de terra em centros urbanos, em locais onde as recomendações de uso e ocupação do solo não existem ou não foram respeitadas pela população local, como a ocupação e construções em áreas de risco.

Segundo Cardoso (2011), o Banco Mundial desenvolveu em 1986 o Sistema Vetiver (SV) como um sistema vegetativo de conservação de água e solo de baixo custo. Um importante aspecto a ser observado na implantação do Vetiver para controle de erosão é o espaçamento de plantio. Segundo Truong et al. (2008) de modo geral a cobertura do terreno com capim Vetiver é estabelecida através do plantio de mudas espaçadas cerca de 0,10-0,15 m de distância e intervalo entre linhas de contorno variando de 1-2 m. Entretanto os autores destacam que o espaçamento de plantio do capim Vetiver deve ser determinado em função da finalidade do plantio, clima, declividade do terreno e do tipo do solo.

Desta forma, visando contribuir para o conhecimento teórico, prático e científico para o planejamento da proteção de encostas/taludes e para a realização de obras preventivas e emergenciais em áreas de risco, o presente estudo tem como objetivo geral estudar o efeito de diferentes espaçamentos do capim Vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) na proteção de talude/encosta, e como objetivos específicos: i) avaliar o efeito dos diferentes espaçamentos do capim Vetiver no escoamento superficial, infiltração, perda de solo por erosão hídrica e turbidez da água escoada em função de diferentes classes de precipitação pluviométrica; ii) avaliar se os diferentes espaçamentos do capim Vetiver exercem influência na resistência a penetração do solo; iii) identificar o melhor espaçamento do capim Vetiver para a estabilização/recuperação de talude.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Importância da vegetação na contenção de perdas de solo por erosão

De acordo com Morgan & Rickson (1995) o uso da vegetação para estabilização de taludes começou na antiguidade. O uso de construções biotécnicas para o solo aconteceu pela primeira vez nos Estados Unidos. Experiências passadas mostram que taludes vegetados são mais resistentes contra movimentos de massa e erosão da água (Gray & Sotir, 1996). Mais recentemente, o papel da vegetação em alguns processos geotécnicos específicos tem sido reconhecido.

A estabilidade de encostas é governada pelas cargas e pela resistência do solo. A altura das árvores em crescimento adiciona cargas, mas, as raízes das árvores funcionam como reforço do solo e incrementam a resistência. A vegetação influencia indiretamente através deste efeito no regime de umidade do solo. As plantas interceptam água de chuva e retiram a água do solo via evapotranspiração. Isto reduz a umidade do solo e a poro-pressão, incrementando a resistência ao cisalhamento do solo. As raízes das plantas tendem a incrementar a permeabilidade do solo e a infiltração, enquanto a camada orgânica associada com a cobertura vegetal tende a retardar esta última (Morgan & Rickson, 1995).

A vegetação tem uma função extremamente importante no controle da erosão pluvial. As perdas do solo devido a erosão podem ser diminuídas até mil vezes, mantendo-se uma cobertura densa de gramíneas ou vegetação herbácea (USDA, 1978). Os benefícios protetores ou estabilizadores da vegetação dependem do tipo de vegetação e do tipo de processo de degradação da encosta. Uma cobertura de gramíneas ou vegetação herbácea muito densa, por exemplo, oferece uma das melhores proteções contra a erosão superficial. Ao contrário de uma vegetação arbórea com raízes profundas, que é mais eficiente para

prevenir ou mitigar rupturas superficiais de massas de solo (Gray & Sotir, 1996; Araujo et al., 2005).

Os efeitos benéficos tanto da vegetação herbácea quanto da vegetação arbórea são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Benefícios da vegetação arbórea e da vegetação herbácea e gramíneas (Adaptado de Gray & Sotir 1996).

VEGETAÇÃO ARBÓREA	VEGETAÇÃO HERBÁCEA E GRAMÍNEA
Reforço do solo pelo sistema radicular: as raízes reforçam mecanicamente o solo pela transferência de tensões cisalhantes.	Intercepção: as folhagens e os resíduos de plantas absorvem a energia da chuva e previnem o descolamento do solo pelo impacto da chuva.
Redução da umidade do solo: a evapotranspiração e a intercepção na folhagem podem limitar a formação de uma poro-pressão positiva da água.	Contenção: o sistema radicular agrega ou contém fisicamente as partículas do solo enquanto a parte aérea filtra os sedimentos do escoamento superficial.
Suporte: os caules ancorados e incrustados podem agir como suporte ou pilastra, cancelando as tensões cisalhantes para abaixo da encosta.	Retardamento: caules e folhas incrementam a rugosidade da superfície e diminuem a velocidade do escoamento superficial.
Sobrecarga: o peso da vegetação pode, em certos casos, aumentar a estabilidade, aumentando a tensão normal na superfície de cisalhamento.	Infiltração: plantas e seus resíduos ajudam a manter a porosidade e permeabilidade do solo e, portanto atrasam ou impedem o escoamento superficial.

De acordo com Guerra (1998), a cobertura vegetal reduz significativamente a quantidade de energia cinética que a água aplica ao solo durante uma chuva, além de reduzir os processos erosivos, nas formas de escoamento superficial e transporte de sedimentos. Salienta que, em áreas com menos de 70% de cobertura vegetal, o run-off (escoamento superficial) aumenta substancialmente, fazendo com que a perda de solos e água também aumente proporcionalmente.

A cobertura vegetal quando removida causa diversas alterações na superfície, promovendo importantes modificações nas propriedades físicas dos solos podendo modificar também a dinâmica hidrológica das encostas (Santos et al., 2006). O solo desprotegido

favorece a formação da selagem superficial, que resulta na diminuição da taxa de infiltração e no consequente aumento do escoamento superficial acarretando em erosão.

A exposição do solo à ação dos agentes erosivos pela sua exploração intensa, retirada da vegetação, tem causado uma rápida alteração de suas características físicas, levando-o ao empobrecimento, que muitas vezes se torna precoce.

Cerri et al. (1991) e Gregorich et al. (1998) atribuíram a exaustão dos atributos físicos do solo principalmente pela falta de cobertura vegetal eficiente, retirada principalmente para o estabelecimento de cultivos agrícolas. Segundo Lal & Pirce (1991) a rápida degradação do solo sob exploração agrícola, despertou, nas últimas décadas, a preocupação com a qualidade do solo, a sustentabilidade da exploração agrícola e os efeitos da erosão.

Para evitar a erosão é importante eliminar o fator “desagregamento do solo pela chuva” e aumentar a velocidade de infiltração da água no solo (Lombardi Neto & Bertoni, 1985).

A Cobertura vegetal com gramíneas promove a agregação dos solos. Experimentos mostram que, quando gramíneas são usadas, se verifica maior taxa de recuperação da agregação dos solos principalmente em solos degradados (Suzuki, 2005).

A utilização de gramíneas para a recuperação de áreas degradadas foi estudada por Muller et al. (2001), e atribuiu que a degradação da camada superficial diminui a cobertura vegetal, resultando em aumento da densidade na camada superficial do solo. Bayer & Mielniczuk (1997) constataram um maior incremento de matéria orgânica no solo depositado pelas gramíneas, indicando que a planta pode ser utilizada na recuperação de áreas degradadas.

As gramíneas depositam matéria orgânica na superfície do solo, o que aumenta a infiltração de água no solo, reduzindo por sua vez o escoamento superficial e a erosão (Gray & Leiser, 1982). A busca por soluções de menor custo e com uma maior integração com o meio ambiente em menos tempo levou ao desenvolvimento da bioengenharia, apoiada na utilização de materiais biologicamente ativos como a vegetação, visando a estabilização de solos e cursos d'água.

As gramíneas podem ser descritas como espécies que apresentam um crescimento rápido, baixa exigência em fertilidade do substrato e aproveitam cerca de 80% do nitrogênio

incorporado ao solo pelas leguminosas acelerando ainda mais seu crescimento. O seu perfilhamento contribui para a sustentabilidade do sistema através do fornecimento de matéria orgânica (Botelho et al., 2001; Botelho & Davide, 2002).

A vegetação tem sido utilizada amplamente como uma ferramenta natural da bioengenharia para recuperar o solo, controlar a erosão e estabilizar encostas. Ao longo dos séculos sua popularidade tem aumentado gradativamente devido à eficácia de custo e respeito ao meio-ambiente desta “agradável” abordagem da engenharia.

Segundo Bunce (1942) por conservação do solo dever-se-a entender:

“a preservação e o desenvolvimento, de modo a proporcionar o maior bem para o maior número e pelo maior período de tempo, dos recursos naturais de caráter renovável, quais sejam, o solo, as florestas, as pastagens, a fauna silvestre e, em certa extensão, a água.”.

2.2. Perdas de solo em função da cobertura vegetal

A cobertura vegetal é a defesa natural de um terreno contra a erosão. Os efeitos da vegetação podem ser classificados em: a) proteção direta contra o impacto das gotas da chuva; b) dispersão da água, interceptando-a e evaporando-a antes que atinja o solo; c) decomposição das raízes das plantas que, formam canalícos no solo, facilitando e aumentando a infiltração da água; d) melhora a estrutura do solo pela adição de matéria orgânica, aumentando assim sua capacidade de retenção de água; e) redução da velocidade do escoamento superficial da enxurrada pelo aumento do atrito na superfície (Bertoni & Lombardi Neto, 2010).

Quando a chuva cai em um terreno coberto com a vegetação, a gota de chuva se divide em inúmeras gotículas, diminuindo também, sua força de impacto. Em terreno descoberto, ela faz desprender e salpicar as partículas do solo, que são facilmente transportados pela água (Bertoni & Lombardi Neto, 2010).

Bertoni & Lombardi Neto (2010), estudando os diferentes tipos de uso de solo no Instituto Agrônomo de Campinas obteve os seguintes resultados para perda do solo e escoamento superficial (Tabela 2).

Tabela 2. Efeitos do tipo de uso do solo sobre as perdas por erosão, médias ponderadas para o estado de São Paulo. (Fonte: Bertoni & Lombardi Neto, 2010).

Tipo de uso	Perda de	
	Solo (t/ha)	Água (%)
Mata	0,004	0,7
Pastagem	0,4	0,7
Cafezal	0,9	1,1
Culturas anuais	26,6	7,2

As áreas com agricultura tendem a ter maior perda do solo (Tabela 2). Em função deste resultado um novo estudo foi realizado para determinar a perda de solo em diferentes culturas anuais no estado de São Paulo (Tabela 3).

Tabela 3. Efeito do tipo de cultura anual sobre as perdas por erosão média sob precipitação de 1300 mm e declividade entre 8,5 e 12,5 %. (Fonte: Bertoni & Lombardi Neto, 2010).

Cultura Anual	Perda de		Grupo
	Solo (t/ha)	Água (%)	
Mamona	41,5	12	1
Feijão	38,1	11,2	
Mandioca	33,9	11,4	
Amendoim	26,7	9,2	2
Arroz	25,1	11,2	
Algodão	24,8	9,7	
Soja	20,1	6,9	3
Batatinha	18,4	6,6	
Cana-de-açúcar	12,4	4,2	4
Milho	12	5,2	
Milho+Feijão	10,1	4,6	
Batata - doce	6,6	4,2	

De acordo com esses dados, as culturas poderão ser distribuídas em quatro grupos, segundo o grau crescente de proteção oferecido contra a erosão do solo, sendo o grupo 4 com melhor proteção do solo contra erosão.

Sudhishri et al., (2008) avaliaram durante três anos consecutivos o comportamento hidrológico de barreiras mecânicas e vegetais para o escoamento superficial, a perda de solo e a fertilidade do solo, dentre outros objetivos. Para isso, instalaram parcelas experimentais, cada uma com área de 150 m² (30 m x 5 m), em um talude degradado de 11% de declividade. O experimento incluiu 5 tratamentos, sendo três com barreiras vegetais (cordões a cada 10 m), um com barreira mecânica (fardo de pedras) e uma testemunha/controle. Os resultados apresentam-se na Tabela 4.

Tabela 4. Eficiência de diferentes tratamentos na redução da perda do solo e na diminuição do escoamento superficial (Fonte Sudhishi, 2008).

Tratamento	Perda do Solo t/ha				Escoamento superficial %			
	2000	2001	2002	Média	2000	2001	2002	Média
Fardo de pedra	5,96	5,16	5,8	5,64	12,25	11,12	12,32	11,9
Vassoura (<i>P. paniculatum L.</i>)	6,92	6,02	7,16	6,7	13,85	13	14,06	13,64
Vetiver (<i>C. zizanioides</i>)	4,22	3,85	4,06	4,04	8,79	7,85	9,88	8,84
Sambuta (<i>Saccharum spp</i>)	4,49	4,02	4,65	4,39	9,36	8,25	10,83	9,48
Testemunha	13,9	13,7	14,28	13,96	26,02	24,84	26,78	25,88

Estudos tailandeses mostram que a presença de barreiras de Vetiver com 2 anos de idade e espaçadas por 15 cm aumentam a resistência de corte do solo. Isso se deve ao denso e forte sistema de raízes formadas pelo vetiver. Essas raízes fortes permitem a penetração de solos difíceis e a estabilização de solos com falhas geológicas. Aliado ao fato de o Vetiver apresentar crescimento rápido, essa espécie apresenta bons resultados quando plantado em taludes com diferentes declividades podendo reduzir à perda do solo e escoamento superficial (Tabela 5).

Tabela 5. Perda de solo e escoamento superficial em vários tratamentos com vegetação em taludes inclinados (Fonte: Hengchaovanich, 1998).

Vegetação	Perda de Solo (t/ha)		Escoamento Superficial %
	Inclinação - 15%	Inclinação - 30%	
Testemunha	16,81	35,52	88
Lirio	11,98	16,06	76
Zacate Limón	7,58	7,62	81
Helecho	4,22	5,55	76
Vetiver	1,13	4,9	72

2.3 A gramínea Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*)

De acordo Barros (2008), o Vetiver (*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash.) foi recentemente classificado como *Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty, e é uma planta perene, cespitosa, ereta, cresce até atingir cerca de 2,00 m de altura, pertencente à família Poaceae. Também é conhecido como capim-vetiver, capim-verde, capim-de-cheiro, grama-das-índias, falso-patchuli e raiz-de-cheiro. Segundo Castro (2007) suas raízes podem penetrar até 5 m de profundidade.

De acordo com Truong et al. (2008), o Vetiver possui quatro espécies do gênero *Chrysopogon* distintas de origem Sul Asiática. No Norte do subcontinente Indiano encontra-se a espécie *C. lawsonii*, silvestre, normalmente diplóide de sementes férteis e sistema radicular escasso. No Sul da Índia existem diversos acessos da espécie *C. zizanioides*, planta domesticada, poliplóide de sementes inférteis e de extenso sistema radicular. A espécie *C. nemoralis* distribuí-se amplamente nas terras bem drenadas da Tailândia, Laos e Vietnam estendendo a Camboja e Mianmar. A espécie *C. nigriflora* nativa do Continente Africano tem seu uso restrito ao continente. Pereira (2006) destaca que a espécie incidente no Brasil é a *Vetiveria zizanioides*, atualmente conhecida como *Chrysopogon zizanioides* conforme Barros (2008).

Grimshaw (2003) ressalta que a planta enquadra-se nas características do grupo fotossintético C4, portanto se desenvolve melhor em ambientes com plena exposição solar. Com folhas de 2 cm de largura no início da base, estendendo até a extremidade superior que termina pontiaguda. Não é uma planta invasora, pois se propaga principalmente pela forma

vegetativa, ou seja, por meio de mudas, não se disseminando por sementes, rizomas ou estolões (Truong, 2000). Desta forma, o capim Vetiver é considerado uma espécie muito segura para ser utilizada, não existindo o risco de se tornar invasora. Sua perpetuação em outras áreas depende do plantio manual/mecânico de mudas (Pereira, 2006).

O capim Vetiver é bastante conhecido desde os mais remotos tempos da antigüidade, cultivado há pelo menos 6.000 anos, têm sido utilizados para as mais diversas finalidades, como aromatizantes, perfumes finos, planta medicinal e, principalmente como protetor do solo (Truong, 2000).

A espécie é constituída por touceiras de arquitetura ereta que plantadas em cordões formam barreiras contra a erosão. O Brasil vem aumentando sua produção uma vez que o capim Vetiver tem múltiplas aplicações a favor do meio ambiente (Pereira, 2006).

O Vetiver é conhecido como Capim Milagroso na Ásia por apresentar características morfológicas, fisiologias e ecológicas exclusivas, que o tornam uma planta excelente para conservação do solo e da água.

Muitos estudos demonstram que o Vetiver possui uma ampla faixa de adaptação às mais diversas condições edafoclimáticas. A planta sobrevive em condições de secas prolongadas, incêndios, inundações, temperaturas extremas (-15°C a +55°C) e quando submetido ao intenso tráfego/pressão de pastoreio, soterramento por sedimentos ou poda severa rapidamente se recompõem emitindo novos perfilhos. Toleram solos sódicos, salinos, alcalinos, uma ampla faixa de pH (3.3 a 12.5), altos níveis de saturação de Al, Mn e metais pesados tais como: As, Cd, Cr, Ni, Pb, Hg, Se e Zn (Truong et al., 2008).

O sistema radicular do capim Vetiver se destaca pela profundidade que pode atingir até 5 metros em solos férteis, e pela capacidade de agregar o solo que pode inclusive transpor camadas com impedimentos rochosos. Funcionando como "pregos" no solo e retendo até os mais finos sedimentos, criando uma barreira natural ao escoamento da água. Como a raiz cresce para baixo, há redução da velocidade de enxurradas e aumento da capacidade de infiltração da água no solo. Além disso, o extenso alcance das raízes confere à planta capacidade de resistência à seca prolongada e de recuperação após situações de stress, como queimadas, pastoreio intensivo e alagamentos. Também é comprovada a tolerância ao ataque de pragas e doenças (Henriques, 2009). A figura 1 demonstra a efetiva proteção que as raízes de Vetiver proporcionam ao solo devido à grande perfilhação no solo.

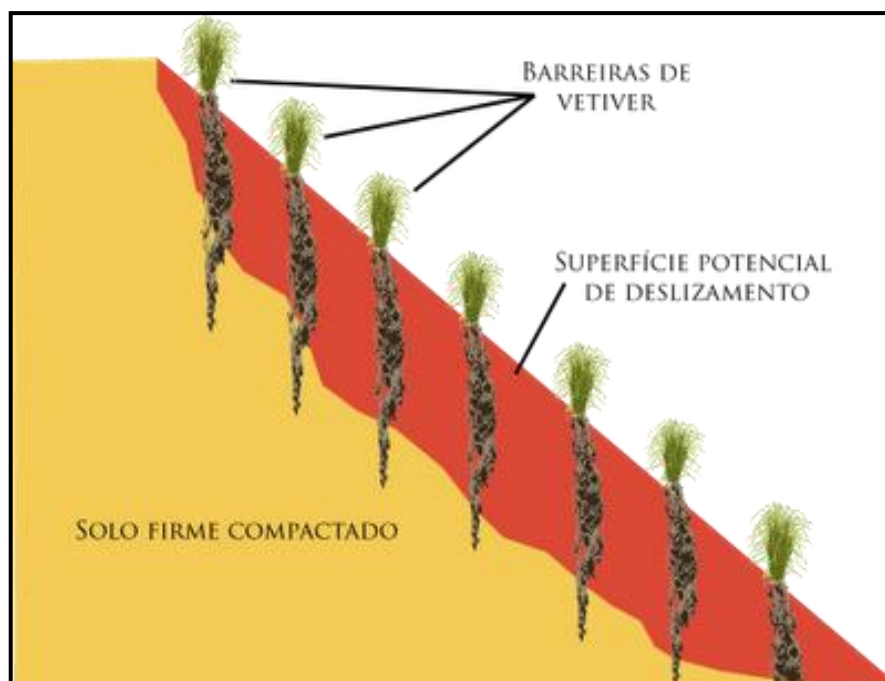


Figura 1. Proteção do solo influenciada pela perfilhação de raízes de Vetiver (Fonte: Pereira, 2006).

Segundo Pereira (2006), o capim Vetiver apresenta rápido crescimento em altura e diâmetro. Este bom crescimento se deve principalmente a capacidade da planta em aproveitar melhor o nitrogênio do solo.

Espécie pioneira, o Vetiver se adapta às mais diversas e inóspitas condições edafoclimáticas, assim sendo se desenvolve onde nenhuma outra planta sobreviveria (Truong, 2000). Extremamente rústica, o Vetiver é simultaneamente hidrófilo (que absorve bem a água) e xerófilo (suporta a escassez de água), além de resistir a extremos hídricos (300–3.000 mm/ano). Caso venha a ser enterrado, pelo deslocamento e o acúmulo de sedimentos, os colmos do capim Vetiver emitem novas raízes, que nivelam a planta com a nova superfície do terreno.

Segundo Pereira (2006), o Vetiver é amplamente utilizado em obras civis como estradas e ferrovias. Teve seu auge na década de 1970, fase do desenvolvimento das teorias e práticas modernas para o controle de erosão.

O uso de espécies como o capim Vetiver desempenha um papel fundamental na revegetação de solos deteriorados, pois melhora as propriedades físicas do solo oferecendo

suporte mecânico para o sistema, assim sendo, é altamente recomendada para a utilização em estabilização de encostas (Pereira, 2006).

Segundo Hengchaovanich (1998), as plantas de Vetiver podem crescer verticalmente em declives superiores a 150%. Seu rápido crescimento e notável reforço que suas raízes proporcionam, fazem com que seja classificada como a melhor gramínea na utilização de estabilização das encostas. Segundo o mesmo autor entre suas características mais marcantes se diz respeito as suas raízes, devido ao seu poder de penetração, sua força e vigor que lhe permitem penetrar em solos com camadas rochosas, lhe oferecendo tamanho potencial em estabilizar solos fragilizados. Segundo o autor as raízes podem ser classificadas como buchas no solo de 2-3m, comumente utilizadas na 'difícil abordagem' do trabalho de estabilização das encostas. Aliada a sua enorme capacidade de se estabelecer rapidamente em solo de difíceis condições, essas características fazem do capim Vetiver a gramínea mais indicada na estabilização de encostas.

A parte aérea da planta forma touceiras que ao se unirem umas as outras criam uma barreira natural que além de reter a terra, segura a água que ao invés de descer a encosta como uma enxurrada, perde velocidade e não danifica o solo. O uso de barreiras vivas do capim Vetiver bordejando as canaletas de drenagem em vias públicas, limita o transporte de sedimentos e detritos para as tubulações e evita o assoreamento destes. Ainda, o capim-Vetiver é recomendado para reforçar o solo em áreas de risco, onde a remoção de moradores é inviável, promovendo assim uma maior estabilidade e menor risco de deslizamentos de terra (Pereira, 2006).

À montante das barreiras se forma uma capa de sedimentos geralmente de alta fertilidade. Conforme aumenta a espessura dos sedimentos, há um incremento de fertilidade e umidade do substrato, formando-se terraços naturais. Portanto, quanto mais alta for a capa de sedimentos retidos, mais alta será também as barreiras de Vetiver (Madruga & Salomão, 2005). A figura 2 mostra a retenção de sedimentos que a barreira de Vetiver forma.

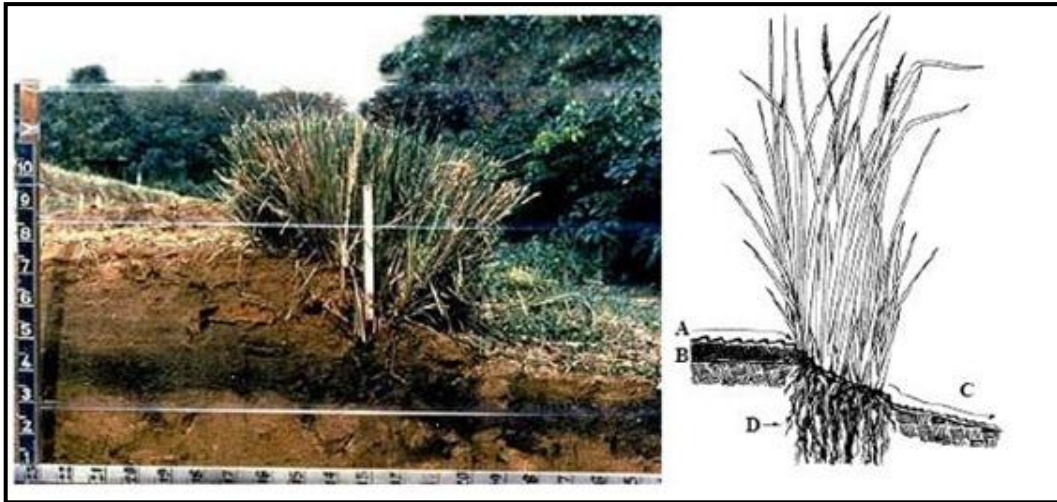


Figura 2. À esquerda corte transversal demonstrando o acúmulo de sedimentos formados pela retenção da touceira de Vetiver, os sedimentos retidos contêm substrato de alta fertilidade. À direita esquema representativo as quais as letras representam: (A) deposição de sedimentos, (B) Escoamento de água entre as folhas de Vetiver, (C) diminuição da velocidade da água, (D) estabilização do solo pelas raízes. (Fonte: Madruga & Salomão, 2005.)

2.3.1. Benefícios da gramínea Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*)

A grande vantagem do Vetiver sobre medidas de engenharia convencional é o seu baixo custo e longevidade. Em projetos de estabilização de encostas, medidas de engenharia corretas significam grande variação no preço final do projeto. De acordo com Xie (1997) e Xia et al. (1999) o custo de projetos para estabilização de encostas, a aplicação de soluções de engenharia tradicionais (gabiões, solo grampeado, impermeabilização com cimento...) representa 85-90% do preço final do projeto. Já na utilização de métodos alternativos (cobertura vegetal) variam de 64% -72%, do preço final. Braken & Truong (2001) ressaltam que, o custo máximo de práticas vegetativas é de apenas 30% do custo das soluções de engenharia tradicionais. Além disso, os custos anuais de manutenção são reduzidos significativamente, quando as coberturas Vetiver ficarem estabelecidas.

The Journal of the American Botanical Council (1995), publicou em artigo relacionado sobre a importância do “Sistema Vetiver” na recuperação de encostas, as vantagens econômicas e ambientais em utilizar o método, e encerra a dissertação afirmando que “os povos do terceiro mundo são os que mais podem se beneficiar desta dádiva da natureza”.

O capim Vetiver tem mais de 200 anos de histórias na Índia, usado normalmente como “terraços vegetais”. Milhares de hectares de terras cultivadas estão protegidos na Índia, China e África. Nas montanhas da Tailândia, Laos e no Camboja, esta espécie é muito utilizada nos projetos de contenção de encostas e na criação de barreiras vivas contra a força da água por possuir um sistema radicular muito mais espesso e profundo que outras plantas (Truong, 2000).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área

O ensaio foi implantado em um talude com declividade maior que 30°, na fazenda-escola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, localizada na cidade de Inconfidentes/MG.

O município de Inconfidentes localiza-se no sul do estado de Minas Gerais e apresenta altitude média de 855m e posição geográfica de latitude S 22° 19' 00" e longitude W 46° 19' 40". O clima da região, segundo a classificação de KOËPPEN é do tipo tropical úmido, com duas estações definidas: chuvosa (outubro a março) e seca (abril a setembro), apresentando médias anuais de 1.800mm e 19°C de precipitação e temperatura, respectivamente.

3.2. Delineamento experimental

O delineamento estatístico utilizado foi em blocos ao acaso, com 10 tratamentos e 3 repetições. Os tratamentos constituem 10 espaçamentos de plantio do capim vetiver, conforme demonstra a tabela 6.

As parcelas que receberam os tratamentos apresentam 2,5m de largura e 6,0 de comprimento, com bordadura de 0,5m de cada lado da parcela e está disposta em posição perpendicular a declividade do terreno (Figura 3).

Tabela 6. Espaçamentos de plantio utilizados no experimento

Espaçamentos (m)	Entre Linhas (m)	Entre Plantas (m)	Numero de plantas por 100 m ²
1x0,15	1,0	0,15	666
1x0,30	1,0	0,30	333
1x0,45	1,0	0,45	222
1,5x0,15	1,5	0,15	444
1,5x0,30	1,5	0,30	222
1,5x0,45	1,5	0,45	148
2x0,15	2,0	0,15	333
2x0,30	2,0	0,30	166
2x0,45	2,0	0,45	111
Testemunha (0x0)	-	-	0

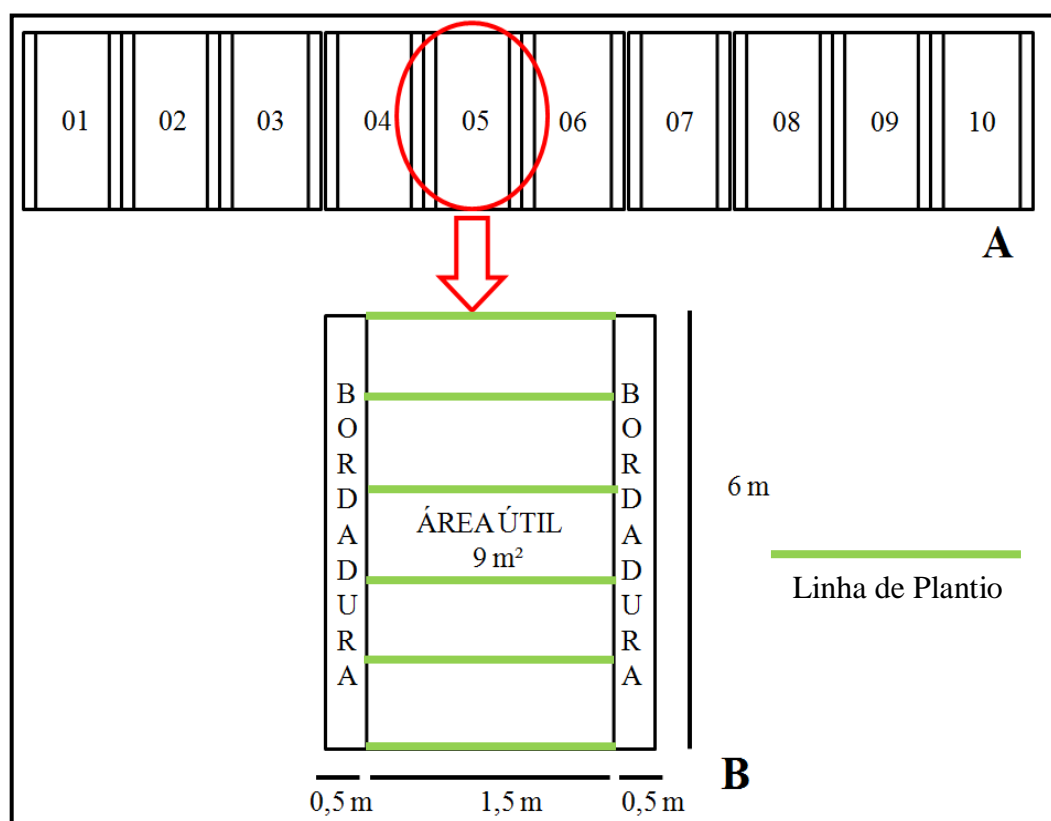


Figura 3. Croqui de um bloco do experimento: A) Bloco com as 10 parcelas dos diferentes espaçamentos. B) Parcela de 2,5m x 6,0m (15m²), bordadura de 0,5 m nas laterais e área útil de 9m², demonstrando ainda as 6 linhas de plantio (espaçamento 1 m entre linhas).

3.3. Plantio das mudas

As mudas do capim Vetiver foram selecionadas e padronizadas a partir de matrizes produzidas em sacolas de polietileno de 5,5 x 19 cm fazendo uso de substrato feito com esterco bovino previamente curtido e terra de barranco. As mudas ficaram, a céu aberto, no viveiro de mudas do IFSULDEMINAS - Campus de Inconfidentes até completarem 60 dias.

O Plantio das mudas nas unidades amostrais foi realizado no mês de março de 2010, seguindo rigorosamente os espaçamentos pré-determinados para todas as parcelas. Para tanto, foram abertas covas cilíndricas de 0,10 m de profundidade e 0,15 m de diâmetro, com auxílio de cavadeira (Figura 4).



Figura 4. Preparo das covas e plantio das mudas no experimento, Inconfidentes/MG.

3.4. Instalação do sistema coletor

Na extremidade inferior de cada parcela foi instalado um sistema coletor, composto por uma calha e um balde de 50 litros (Figura 5) para coleta da solução de água e solo provenientes da erosão durante as chuvas.



Figura 5. Calhas e baldes de 50 L na parte inferior das parcelas no experimento, Inconfidentes/MG.

Para mensuração do volume precipitado (mm), foi instalado um pluviômetro digital. Foram mensuradas 22 chuvas, organizadas em classes de precipitação, conforme a tabela 7.

Tabela 7. Classes de precipitação, volumes precipitados e parâmetros avaliados em cada precipitação, Inconfidentes/MG.

Classes	Precipitação	Data	Parâmetros Analisados			
			Escoamento Superficial	Perda de solo por erosão	Turbidez	Infiltração
A 02 a 05 mm	5 mm	28/12/2010	X	X	X	X
	3 mm	06/01/2011	X		X	X
	5 mm	14/01/2011	X	X	X	X
	4 mm	16/02/2011	X		X	X
	5 mm	21/01/2011	X	X	X	X
	2 mm	23/02/2011	X		X	X
	5 mm	25/01/2012	X	X	X	X
B 09 e 10 mm	9 mm	05/01/2011	X	X	X	X
	9 mm	20/01/2011	X	X	X	X
	10 mm	27/12/2011	X	X	X	X
	10 mm	29/12/2011	X	X	X	X
C 15 a 20 mm	15 mm	12/12/2010	X	X	X	X
	18 mm	14/12/2010	X	X	X	X
	17 mm	17/12/2010	X	X	X	X
	19 mm	14/02/2011	X		X	X
	17 mm	14/10/2011	X	X		X
	18 mm	23/12/2011	X	X	X	X
	20 mm	21/01/2012	X	X	X	X
D 25 a 35 mm	35 mm	11/01/2012	X	X	X	X
	25 mm	18/01/2012	X	X	X	X
	25 mm	19/01/2012	X	X	X	X
	31 mm	31/01/2012	X	X	X	X

3.5. Parâmetros avaliados

3.5.1. Escoamento superficial

O escoamento superficial da solução de água e solo foi determinado após as precipitações, e consiste no volume coletado pelo balde.

Após a ocorrência de cada precipitação, mediu-se com uma régua graduada a altura de água escoada retida no interior do recipiente. Posteriormente, os valores de altura (cm) foram convertidos em volume (L), através de relação específica para este tipo de balde e régua (Figura 6).



Figura 6. Medição do volume da solução coletada com régua especial graduada.

3.5.2. Infiltração de água no solo

Com os dados individuais do escoamento superficial, determinou-se de forma indireta a infiltração (I) aproximada de água no solo, através da diferença entre o volume total precipitado na área útil (VP) e o volume total escoado (ES), conforme a equação 1. Destaca-se que para este trabalho, não levou-se em consideração o volume de solo seco presente na solução escoada.

Equação 1. Determinação indireta da infiltração aproximada de água no solo.

$$I = VP - ES$$

Onde:

I – infiltração aproximada de água no solo, em litros;

VP – volume total precipitado na área útil das parcelas, em litros;

ES = escoamento superficial, em litros.

O “VP” foi determinado através do produto da precipitação incidente (mm) e a área útil da parcela (m²), conforme demonstra a equação 2.

Equação 2. Determinação do volume total precipitado na área útil das parcelas.

$$VP = P * A$$

Onde:

VP = volume total precipitado na área útil das parcelas, em litros;

P = precipitação incidente (mm)

A = área útil das parcelas (m²), sendo nesta pesquisa igual a 9 m².

3.5.3. Turbidez da solução escoada

Turbidez característica física da água, decorrente da presença de substâncias em suspensão, ou seja, sólidos suspensos, finamente divididos ou em estado coloidal, e de organismos microscópicos, consistindo em uma medida da redução de transparência. Tem como unidade de medida NTU - Unidades Nefelométricas de Turbidez (Guimarães, 2010).

A turbidez da solução de água e solo coletada pelo balde foi mensurada utilizando-se um turbidímetro portátil HI 93703, procedendo-se da seguinte maneira: a solução ainda no balde é homogeneizada, agitando-se a mistura (sedimento + água), para em seguida realizar-se a coleta de uma alíquota de 200-500 mL em uma garrafa plástica (Figura 7) para levar ao laboratório, onde foi determinada a turbidez em NTU da solução coletada em cada parcela/balde nas referidas precipitações (Figura 8).



Figura 7. Coleta de amostra de água.



Figura 8. Análise de turbidez da água, utilizando-se turbidímetro.

3.5.4. Perda de solo por erosão

A perda de solo por erosão foi mensurada após cada precipitação através da passagem da solução de água e solo presente no balde por um coador de malha fina (Figura 9) para retirada da maior quantidade de água. Em seguida o solo úmido foi levado à estufa à 105°C até atingir peso constante. A pesagem do solo, após desidratação em estufa, foi realizada em balança analítica. Os dados referentes a perda do solos foram convertidos em Kg.ha⁻¹.



Figura 9. Passagem da solução coletada por um coador para separação do solo.

3.5.5. Resistência à penetração do solo

Em resposta aos diferentes tratamentos foi avaliada a resistência a penetração do solo com o auxílio do penetrômetro de Stolf, permitindo verificar a compactação do solo em diferentes camadas de profundidade. Estas avaliações foram realizadas aos 12, 17 e 24 meses após a implantação do experimento, analisando a 0,10 m acima da linha de plantio com três amostras por parcela (Gomar, 2005), a uma profundidade de 0 a 0,60m. Os dados obtidos

foram convertidos para KPa empregando-se um arquivo desenvolvido em EXCEL, utilizando-se a equação 3.

Equação 3. Determinação da resistência à penetração do solo.

$$RP = 549,2 + \{675,7 \times [(\text{Impacto}/\text{Penetração})/10]\}$$

Onde:

RP - resistência à penetração do solo (KPa).

Impacto - nº de impactos empregados pelo penetrômetro de Stolf.

Penetração – Penetração do penetrômetro de Stolf no solo (dm).

Destaca-se que os dados da resistência à penetração do solo aos 12 e 17 meses após o plantio, neste mesmo projeto, foi estudada por Cobra (2011).

Conforme desenvolvido por Cobra (2011), para melhor visualização dos dados obtidos foi empregado neste trabalho um Índice de Resistência obtido pela razão do número de mudas utilizadas em cada espaçamento e a resistência à penetração do solo.

3.6. Análise estatística

Os dados médios de perda de solo por erosão, escoamento superficial, turbidez e infiltração para cada classe de precipitação, e os dados da resistência à penetração do solo aos 12, 17 e 24 meses após o plantio foram submetidos à análise de variância, segundo o delineamento de blocos ao acaso, e comparados pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância, utilizando-se o programa SISVAR (Ferreira, 2008).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Escoamentos superficial

Conforme demonstra a tabela 8, a variável escoamento superficial nos diferentes espaçamentos de plantio do capim Vetiver apresentou diferença significativa ao teste de Scott-Knott à 5% de significância em todas as classes de precipitação (comparação na coluna). Os maiores escoamentos foram observados na testemunha (solo exposto) da classe B = 3,48 mm, C = 42,33 mm e D = 4,34 mm. Embora na classe A, o escoamento superficial de 2 mm na testemunha ter sido menor do que o registrado pelo espaçamento 1,5 x 0,45 m (2,03 mm), a diferença entre os volumes não foi significativa ao teste de Scott-Knott à 5% de significância.

Este resultado de maior escoamento superficial na testemunha pode, segundo Bertoni & Lombardi Neto (2010), estar associado ao selamento superficial, comum em solos expostos. Segundo os autores, este selamento resulta na redução da taxa de infiltração e no conseqüente aumento do escoamento superficial.

Destaca-se ainda que apenas na classe de precipitação D, o escoamento superficial da testemunha (4,34 mm) foi superior estatisticamente de todos os demais tratamentos, pelo teste empregado.

Além disso, observa-se que os tratamentos que apresentaram os menores escoamentos superficiais foram na maioria dos casos os menores espaçamentos, embora não se tenha observado uma relação proporcional entre o escoamento e os espaçamentos de plantio.

Tabela 8. Escoamento superficial médio (mm), nas diferentes classes de precipitação em função do espaçamento de plantio do capim vetiver.

Espaçamentos (m)	Nº de plantas por 100 m ²	Classes de precipitação				Média
		A (2 a 5 mm)	B (9 e 10 mm)	C (15 a 20 mm)	D (25 a 35 mm)	
1,0x0,15	666	1,38 Aa	2,04 Aa	3,32 Ba	1,48 Aa	2,06 a
1,0x0,30	333	1,44 Aa	2,20 Aa	3,32 Ba	2,31 Aa	2,31 a
1,0x0,45	222	1,86 Ab	3,00 Bb	4,12 Bb	3,24 Bb	3,06 b
1,5x0,15	444	1,09 Aa	1,95 Aa	3,11Ba	1,97 Aa	2,03 a
1,5x0,30	222	1,64 Ab	2,29 Aa	3,35 Ba	1,98 Aa	2,32 a
1,5x0,45	148	2,03 Ab	2,93 Ab	3,99 Bb	2,81 Ab	2,94 b
2,0x0,15	333	1,91 Ab	2,79 Ab	3,96 Bb	2,21 Aa	2,72 b
2,0x0,30	166	1,85 Ab	3,11 Bb	4,20 Bb	3,22 Bb	3,10 b
2,0x0,45	111	1,79 Ab	3,16 Bb	4,24 Cb	3,54 Bb	3,18 b
Testemunha (0x0)	0	2,00 Ab	3,48 Bb	4,78 Cb	4,34 Cc	3,65 b
Média	-	1,70 A	2,70 B	3,84 C	2,71 B	-

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5 % de significância.

Dentre os tratamentos com plantas, observou-se que na classe de precipitação A, o plantio de mudas de Vetiver nos espaçamentos 1,5 x 0,15 m; 1,0 x 0,15 m e 1,0 x 0,30 m refletiram nos menores escoamentos superficiais, sendo respectivamente iguais a 1,09 mm, 1,38 mm e 1,44 mm, não diferindo estatisticamente entre si.

Já para a classe de precipitação B, os mesmos espaçamentos de plantio se destacaram, com valores de 1,95 mm, 2,04 mm e 2,20 mm, respectivamente. Entretanto destaca-se que nesta classe, o espaçamento 1,5 x 0,30 m, apresentou 2,29 mm de escoamento superficial, sendo estatisticamente semelhante aos três menores escoamentos mencionados.

Nas classes de precipitação C e D, os menores escoamentos foram observados para os mesmos espaçamentos da classe B (1,0 x 0,15 m; 1,0 x 0,30 m; 1,5 x 0,15m e 1,5 x 0,30 m). Entretanto observa-se uma inversão de ordem na classe C, onde o escoamento superficial registrado no espaçamento 1,0 x 0,15 m (3,32 mm) foi menor que o registrado no espaçamento 1,0 x 0,30 m (3,32 mm), embora ainda sejam iguais estatisticamente.

O comportamento do escoamento superficial em função da classe de precipitação e dos espaçamentos de plantio podem ser melhor observados nas figuras 10, 11 e 12.

De acordo com Guerra (1998), a cobertura vegetal reduz significativamente a quantidade de energia cinética que a água aplica ao solo durante uma chuva, além de reduzir os processos erosivos, nas formas de escoamento superficial e transporte de sedimentos.

A figura 10 esquematiza graficamente o comportamento do escoamento superficial nas quatro classes de precipitação com o aumento do espaçamento de plantio (redução do número de plantas por área) e a figura 11, representa os valores médios das quatro classes de precipitação em função dos espaçamentos de plantio.

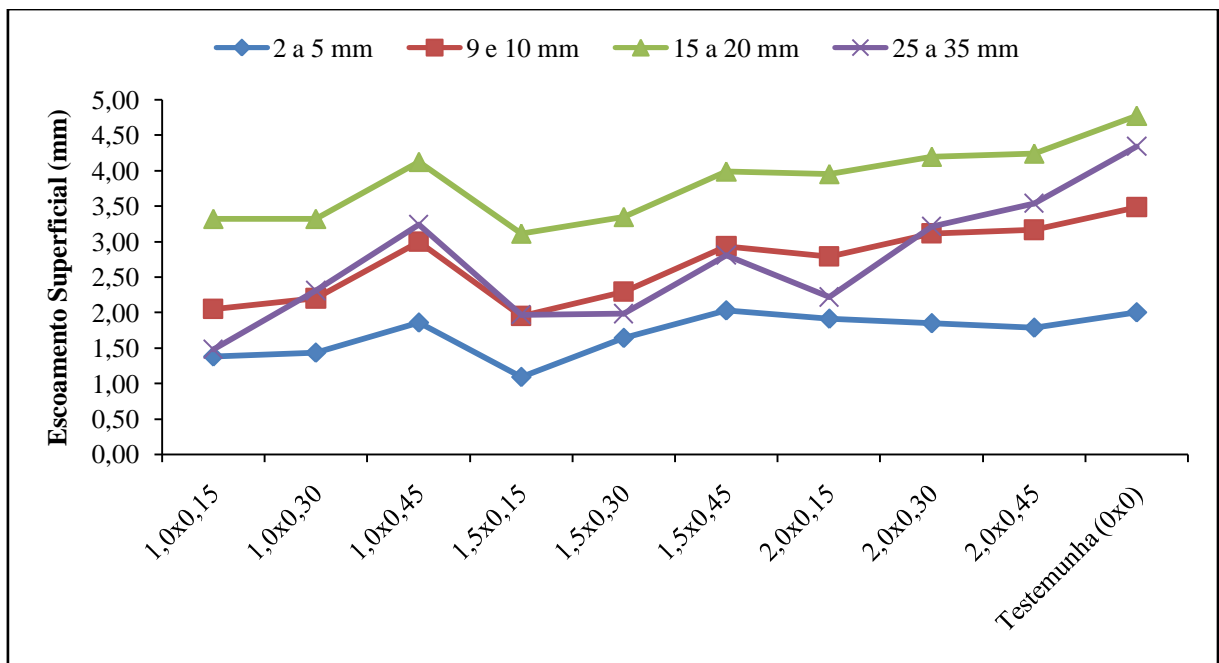


Figura 10. Escoamento superficial (mm) nas quatro classes de precipitação em função dos diferentes espaçamentos de plantio.

Observa-se na figura 11 que o escoamento superficial apresentou uma tendência de aumento linear em função da redução do número de plantas por 100m², com $R^2 = 0,868$.

Segundo Gray & Leiser (1982); Binder et al. (1983) e Durlo & Sutili (2005), as gramíneas depositam matéria orgânica ao solo, aumentando a infiltração de água no solo, reduzindo consequentemente o escoamento superficial e a erosão do solo. Esta afirmação explica os menores valores de escoamento superficial encontrados nos tratamentos com plantas de capim vetiver, em relação ao solo exposto (testemunha – 0x0) e a tendência de menor escoamento superficial com o aumento da densidade de plantas, conforme figura 11.

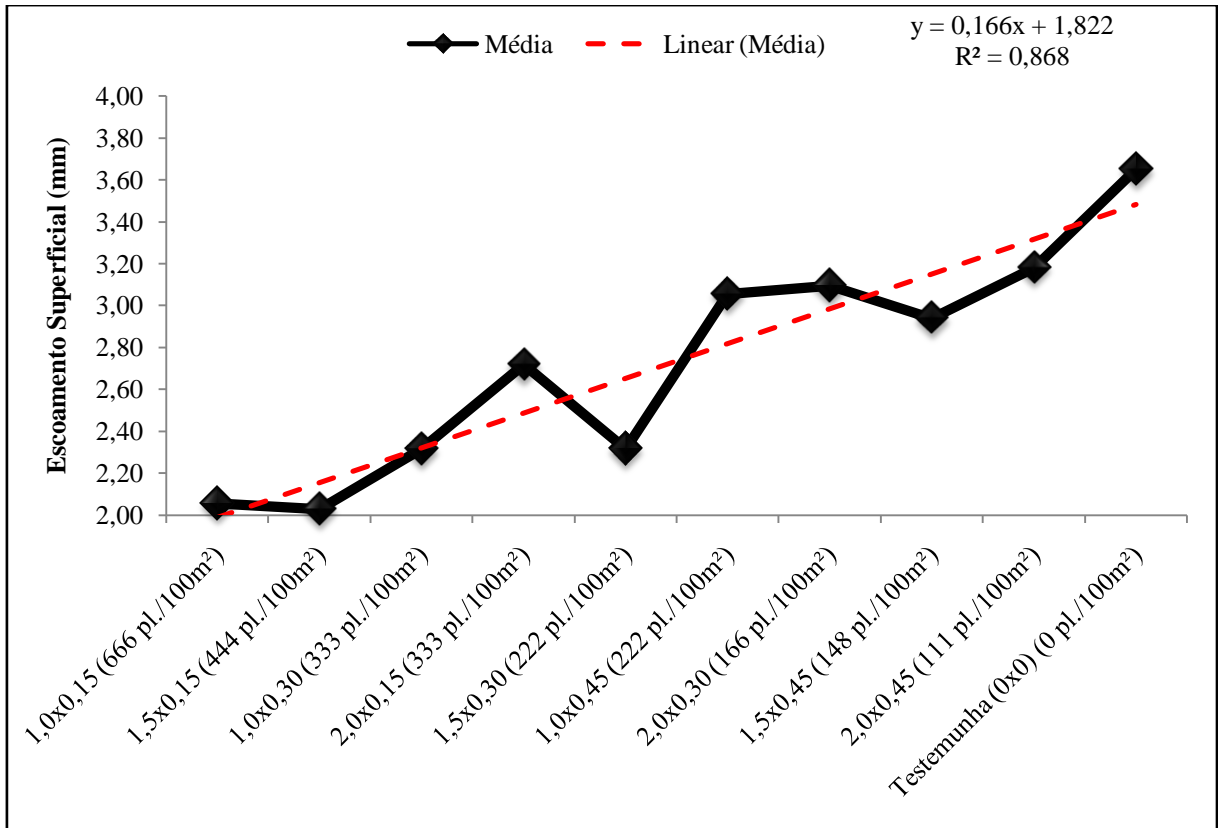


Figura 11. Escoamento superficial médio (mm) das quatro classes de precipitação em função dos diferentes espaçamentos de plantio, em ordem decrescente do número de plantas por 100m².

De acordo com os resultados apresentados na tabela 8, nota-se que os menores valores de escoamentos superficiais foram observados no espaçamento 0,15 m quando comparado aos demais espaçamentos entre plantas, independente do espaçamento entre linhas (Figura 12).

Estes resultados indicam a importância do adensamento de plantas nas linhas de plantio para reduzir o escoamento superficial e conseqüentemente à erosão do solo. Bertoni & Lombardi Neto (2010) destacaram que a erosão hídrica do solo é influenciada de forma diretamente proporcional para taxa de escoamento superficial. Os autores destacam ainda que a perda de solo por erosão é influenciada não apenas pela presença/ausência de cobertura vegetal, mais também pela densidade de plantio, citando ainda que quanto menor o espaçamento entre plantas na mesma linha de plantio, maior será o sucesso no controle de erosão. Afirmativa que coincide com os resultados obtidos neste estudo (Figura 12).

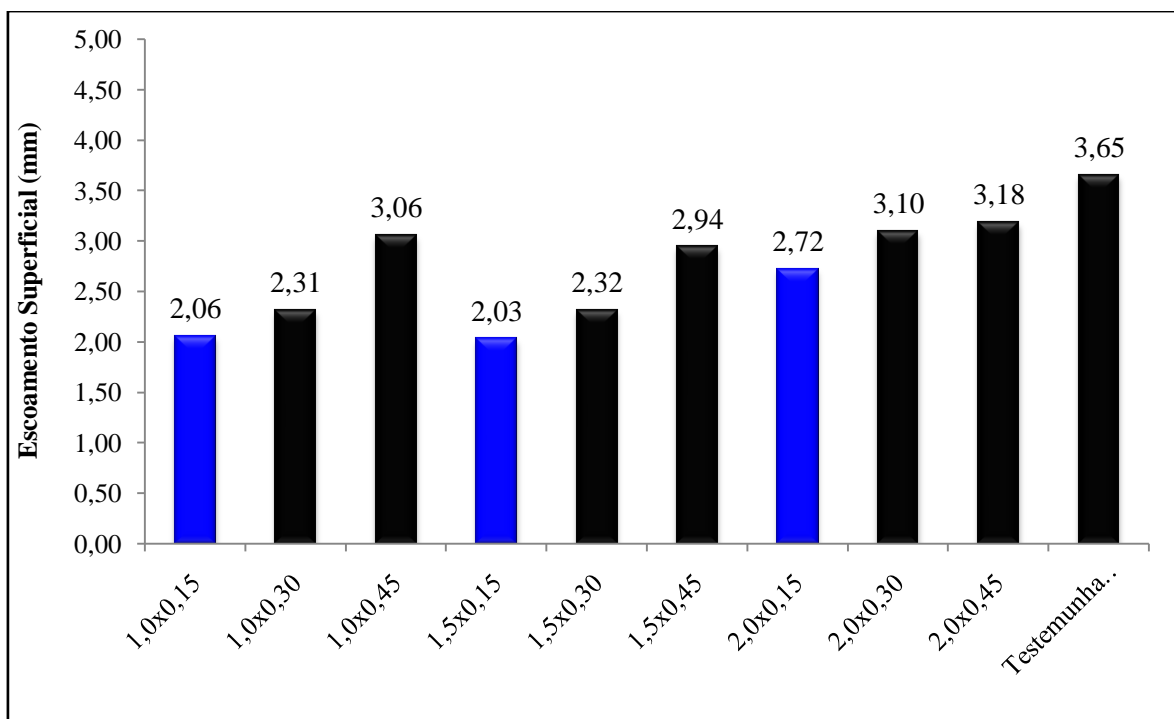


Figura 12. Escoamento superficial médio (mm) das quatro classes de precipitação em função dos diferentes espaçamentos de plantio, com ênfase no espaçamento 0,15 entre linhas.

De acordo com a tabela 8, pode-se observar ainda que o escoamento superficial difere estatisticamente entre as classes de precipitação, dentro de um mesmo espaçamento, confirmando que quanto maior a precipitação pluviométrica, maiores valores de escoamento superficial serão observados. Entretanto, menores valores de escoamento superficial foram observados na classe de precipitação D, quando comparado com a classe de precipitação C (tabela 8 e figura 13).

Uma justificativa para esse resultado pode estar relacionada a idade das plantas no momento da incidência das precipitações, principalmente na classe de precipitação D em que todas as precipitações avaliadas nesta classe ocorreram em 2012, período em que as plantas do capim Vetiver estavam em campo por pelo 12 meses a mais quando comparadas com 50 % das precipitação avaliadas na classe C (Tabela 7). Andrade et al (2011) observaram que o diâmetro das plantas de Vetiver aumenta consideravelmente em função da idade da planta. Conforme descrito por Truong & Hart (2001), quanto maior diâmetro ao nível do solo maior a capacidade de retenção de sedimentos da planta.

Observa-se conforme a tabela 8 que o escoamento superficial em todos os espaçamentos de plantio do capim vetiver, assim como a testemunha apresentaram diferença estatística pela teste de Scott-Knott à 5% de significância em função das classes de precipitação, sendo os maiores resultados na classe C, diferindo estatisticamente dos demais.

Observa-se ainda que as maiores variações ocorreram no maior espaçamento (2,0 x 0,45 m) e na testemunha.

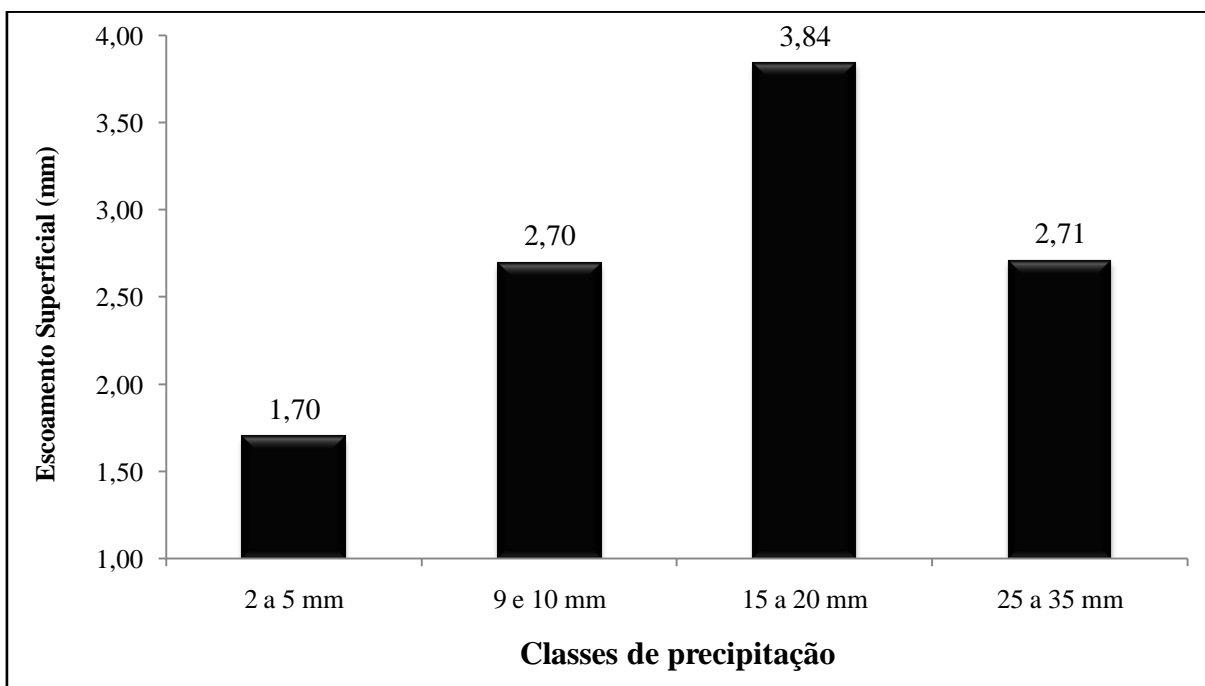


Figura 13. Escoamento superficial médio (mm) dos espaçamentos de plantio em função das classes de precipitação.

4.2. Infiltração de água no solo

A variável infiltração de água no solo nos diferentes espaçamentos de plantio do capim Vetiver apresentou diferença significativa ao teste de Scott-Knott à 5% de significância nas classes de precipitação B (9 e 10mm), C (15 a 20 mm) e D (25 a 35 mm) (comparação nas 4ª, 5ª e 6ª colunas da Tabela 9).

A menor infiltração média ocorreu no tratamento testemunha (sem plantas de vetiver) diferenciando estatisticamente de todos os demais tratamentos com plantas (última coluna da tabela 9 e Figura 14). Esse menor valor de infiltração observada na testemunha

pode, segundo Bertoni & Lombardi Neto (2010), está associado ao selamento superficial, comum em solos expostos. Segundo os autores, este selamento resulta na redução da taxa de infiltração e no conseqüente aumento do escoamento superficial, como observado neste estudo (Figuras 11 e 14 para o escoamento superficial e infiltração, respectivamente). Com essa diferença estatística do valor de água infiltrada observada entre a testemunha para os demais espaçamentos com plantas de Vetiver, fica claro a importância da presença da vegetação, em especial do capim Vetiver na infiltração de água no solo.

Observa-se na figura 14 que a infiltração apresentou uma tendência de aumento linear em função do aumento do número de plantas por 100m², com R² = 0,802.

Tabela 9. Infiltração Média de água no solo (mm) nas diferentes classes de precipitação em função do espaçamento de plantio do capim vetiver.

Espaçamentos	Nº de plantas por 100 m ²	Classes de precipitação				Média
		A (2 a 5 mm)	B (9 e 10 mm)	C (15 a 20 mm)	D (25 a 35 mm)	
1,0x0,15	666	2,76 a	7,62 a	14,38 a	27,52 a	13,07 a
1,0x0,30	333	2,71 a	7,47 a	14,39 a	26,69 a	12,82 a
1,0x0,45	222	2,28 a	6,67 b	13,59 b	25,76 b	12,07 b
1,5x0,15	444	3,05 a	7,71 a	14,60 a	27,03 a	13,10 a
1,5x0,30	222	2,50 a	7,37 a	14,36 a	27,02 a	12,81 a
1,5x0,45	148	2,11 a	6,74 b	13,72 b	26,71 a	12,32 b
2,0x0,15	333	2,23 a	6,88 b	13,76 b	26,67 a	12,38 b
2,0x0,30	166	2,29 a	6,56 b	13,51 b	25,39 b	11,94 b
2,0x0,45	111	2,36 a	6,50 b	13,47 b	25,95 b	12,07 b
Testemunha (0x0)	0	2,14 a	6,19 b	12,94 b	24,58 b	11,46 c

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5 % de significância.

As maiores médias de infiltrações entre as classes de precipitação foram observadas nos espaçamentos 1,5x0,15 m (13,10 mm), 1,0x0,15 m (13,07 mm), 1,0x0,30 (12,82 mm) e 1,5x0,30 m (12,81 mm) (última coluna da tabela 9 e Figura 14). Com esses resultados pode-se inferir que se o objetivo é aumentar a infiltração de água no solo, os

espaçamentos entre linhas de Vetiver mais adequados são de 1 e 1,5 metros e entre plantas são de 0,15 e 0,30 metros.

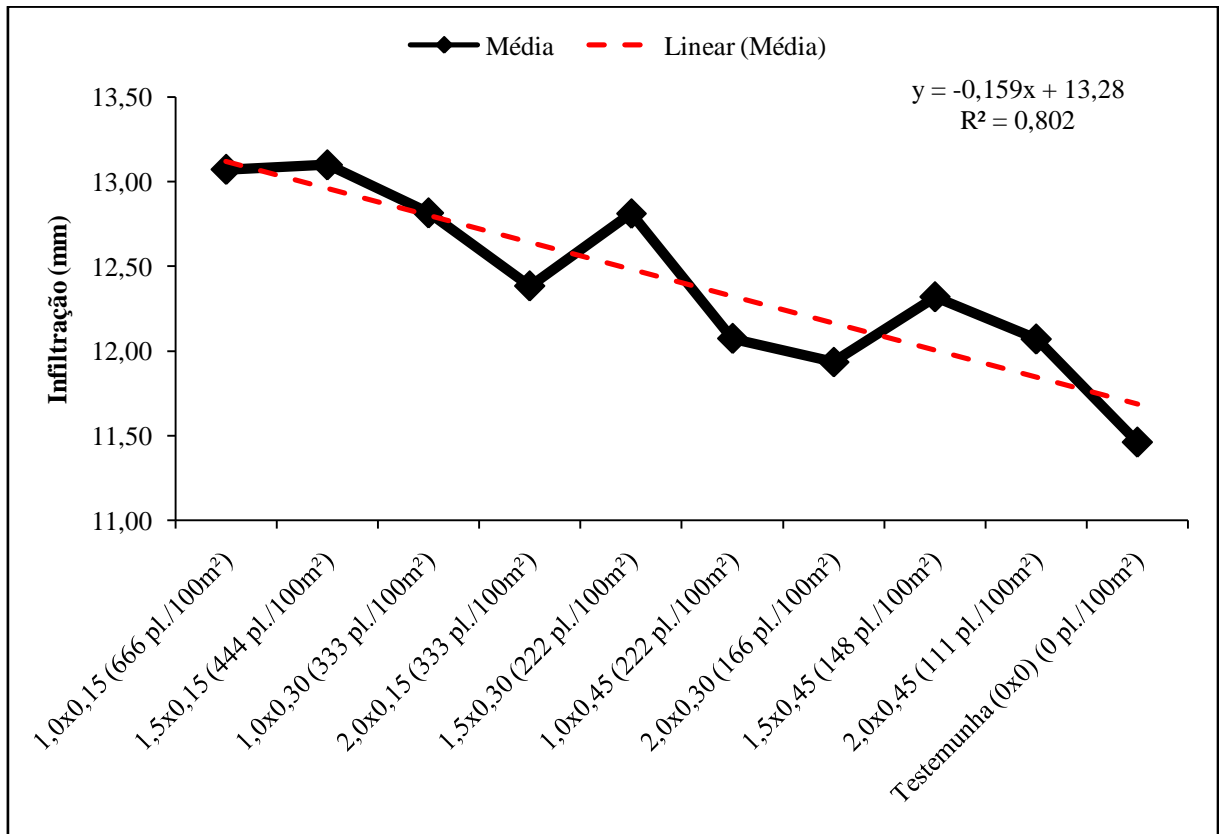


Figura 14. Infiltração de água no solo (mm) média das quatro classes de precipitação em função dos diferentes espaçamentos de plantio, em ordem decrescente do número de plantas por 100m².

4.3. Turbidez

Observou-se que nas diferentes classes de precipitação estudadas houve diferença estatística entre os espaçamentos para a variável turbidez, como demonstra a tabela 10.

Para classe de precipitação A (2 a 5 mm) o maior nível de turbidez foi observado no tratamento testemunha (0x0m) com 371,80 NTU e quando comparado com as outras classes de precipitação obteve o menor valor (Figura 15). O menor nível de turbidez nesta classe de precipitação foi no espaçamento 1,5x0,15 m com 144,61 NTU, não diferindo dos níveis de turbidez dos espaçamentos 1,0 x 0,30 m e 1,0 x 0,15 m.

Tabela 10. Turbidez média (NTU) por erosão hídrica nas diferentes classes de precipitação em função do espaçamento de plantio do capim vetiver.

Espaçamentos	Nº de plantas por 100 m ²	Classes de precipitação				Média
		A (2 a 5 mm)	B (9 e 10 mm)	C (15 a 20 mm)	D (25 a 35 mm)	
0x0	0	371,80 Ab	574,41 Bc	703,92 Bd	544,25 Bc	548,59 d
1,0x0,15	666	193,64 Aa	154,85 Aa	279,26 Aa	39,04 Aa	166,70 a
1,0x0,30	333	170,62 Aa	188,40 Aa	311,25 Aa	102,25 Aa	193,13 a
1,0x0,45	222	267,51 Ab	346,14 Ab	444,80 Ab	128,98 Aa	296,86 b
1,5x0,15	444	144,61 Aa	127,44 Aa	303,31 Aa	62,43 Aa	159,45 a
1,5x0,30	222	274,26 Ab	189,93 Aa	402,76 Ab	91,40 Aa	239,59 b
1,5x0,45	148	313,30 Bb	239,39 Ba	498,12 Bb	80,84 Aa	266,08 b
2,0x0,15	333	298,79 Bb	340,86 Bb	464,24 Bb	89,51 Aa	311,02 b
2,0x0,30	166	326,49 Ab	476,63 Bc	540,57 Bc	112,73 Aa	372,95 c
2,0x0,45	111	340,29 Ab	368,77 Ab	681,85 Bd	400,33 Ab	387,04 c
Média	-	270,14 B	300,68 B	456,32 C	149,42 A	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5 % de significância.

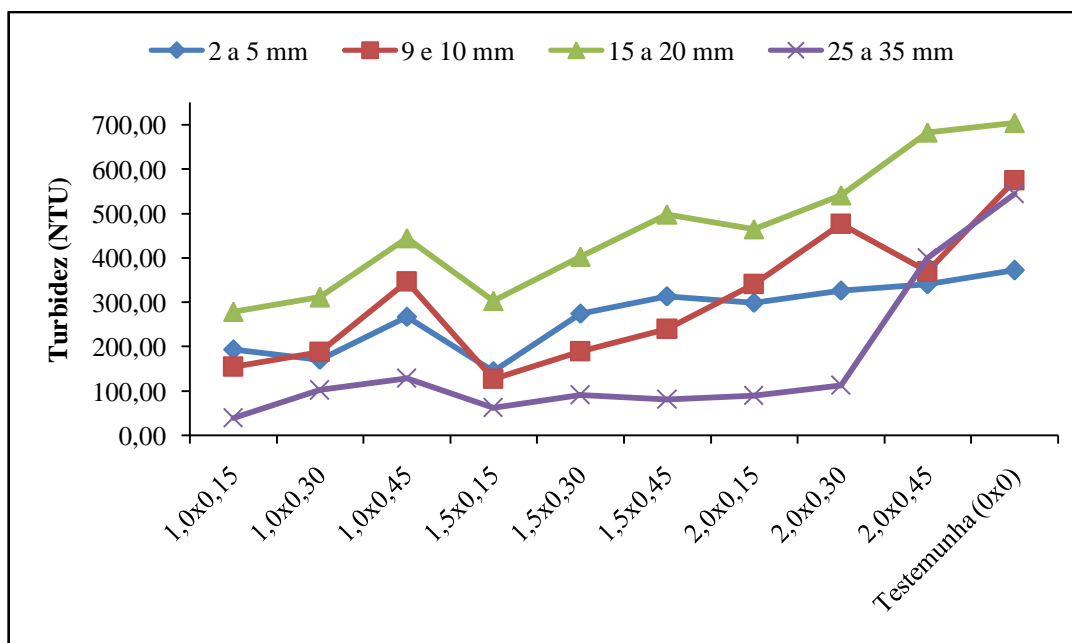


Figura 15. Turbidez (NTU) nas quatro classes de precipitação em função dos diferentes espaçamentos de plantio.

Na classes de precipitação B (9 a 10 mm), os menores valores de turbidez foram observados no espaçamento 1,5 x 0,15 com 127,44 NTU, seguido dos espaçamentos 1,0x0,15, e 1,0x0,30 (Figura 15), não diferindo estatisticamente entre si (Tabela 10). Já o maior valor de turbidez foi obtido na testemunha 0 x 0 com 574,41 NTU seguido pelo espaçamento 2,0 x 0,30 com 476,63 NTU. Observa-se na tabela 10 que há uma tendência de aumento da turbidez com o aumento do espaçamento entre plantas, com exceção dos espaçamentos com 2 metros entre linhas.

Já para as classes de precipitação C (15 a 20 mm) e D (25 a 35 mm) o menor valor para turbidez foi observado no espaçamento 1,0 x 0,15 m (Figura 15). Logo menor distancia entre linhas e entre plantas contribui para uma menor turbidez para as classes estudadas C e D. Quanto aos maiores valores de turbidez, estes foram obtidos no espaçamento 0x0 em ambas as classes estudadas.

Observa-se na figura 16 que a turbidez apresentou uma tendência de aumento linear em função da redução do número de plantas por 100m², com R² = 0,817.

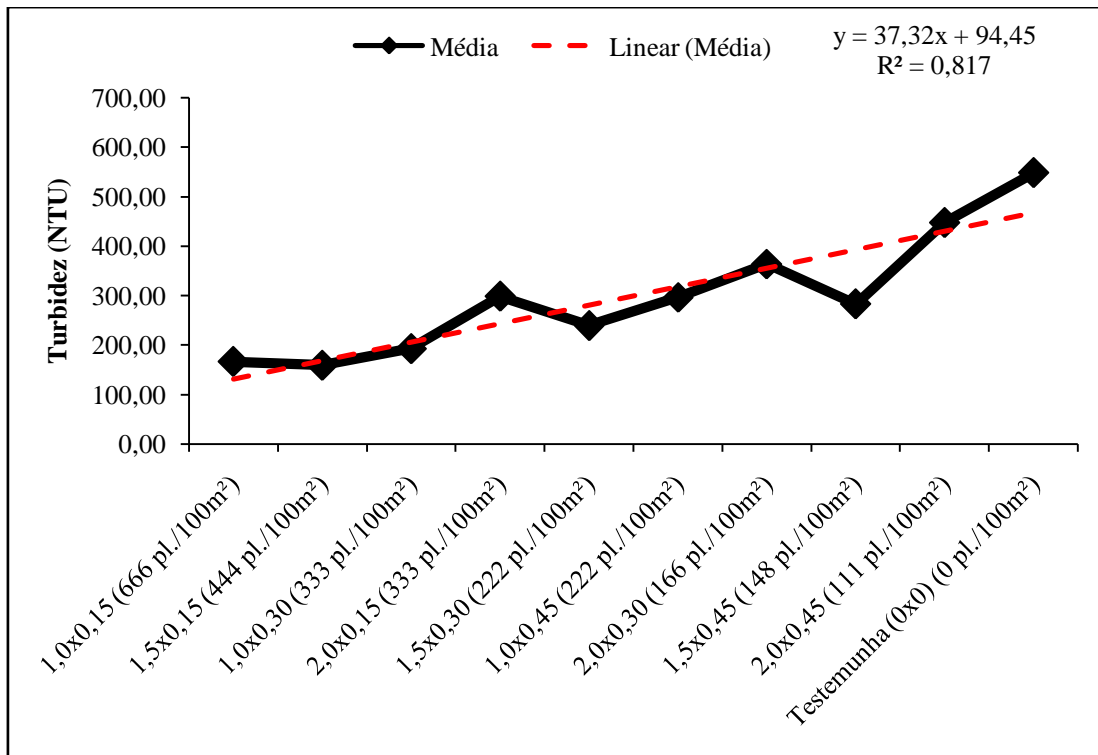


Figura 16. Turbidez da Solução escoada (NTU) das quatro classes de precipitação em função dos diferentes espaçamentos de plantio, em ordem decrescente do número de plantas por 100 m².

4.4. Perda de Solo por erosão

Observou-se que na classe de precipitação A (2 a 5 mm) a variável perda de solo não apresentou diferença estatística entre os diferentes espaçamentos de plantio do Vetiver (Tabela 11). Na classe B (9 e 10 mm) observou-se diferença significativa entre os espaçamentos, onde o tratamento testemunha/solo exposto (0x0) apresentou o maior valor de perda de solo (74,78 Kg ha⁻¹), não diferindo estatisticamente apenas do espaçamento 2,0x0,30m que apresentou 48,32 Kg ha⁻¹ de perda de solo. O espaçamento 1,5x0,15m apresentou-se mais efetivo na redução da perda de solo para esta classe de precipitação, com apenas 6 Kg ha⁻¹ de solo perdido, embora não difira estatisticamente dos demais espaçamentos não citados (Tabela 11).

Tabela 11. Perda de solo média (Kg ha⁻¹) por erosão hídrica nas diferentes classes de precipitação em função do espaçamento de plantio do capim vetiver.

Espaçamentos	Nº de plantas por 100 m ²	Classes de precipitação				Média
		A (2 a 5 mm)	B (9 e 10 mm)	C (15 a 20 mm)	D (25 a 35 mm)	
1,0x0,15	666	23,66 Aa	24,13 Aa	216,97 Ba	0,10 Aa	66,22 a
1,0x0,30	333	13,52 Aa	9,79 Aa	177,61 Ba	7,86 Aa	52,09 a
1,0x0,45	222	45,98 Aa	36,76 Aa	310,69 Bb	10,52 Aa	100,99 a
1,5x0,15	444	6,67 Aa	6,00 Aa	35,76 Aa	0,30 Aa	12,19 a
1,5x0,30	222	22,77 Aa	6,63 Aa	222,79 Ba	3,20 Aa	63,86 a
1,5x0,45	148	47,76 Aa	21,03 Aa	378,34 Bb	6,02 Aa	84,97 a
2,0x0,15	333	24,39 Aa	26,20 Aa	300,23 Bb	6,49 Aa	101,56 a
2,0x0,30	166	31,27 Aa	48,32 Ab	172,87 Ba	3,09 Aa	87,36 a
2,0x0,45	111	35,08 Aa	21,43 Aa	328,89 Bb	33,71 Ab	94,86 a
0x0	0	46,16 Aa	74,78 Ab	583,50 Bc	57,40 Ac	301,58 b
Média	-	29,72 A	27,51 A	273,11 B	11,50 A	0,00

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5 % de significância.

Já na classe de precipitação C (15 a 25 mm), de maneira geral, observou-se as maiores perdas de solo entre todas as classes analisadas, em todos os espaçamentos de plantio

do Vetiver (Tabela 11 e Figura 17). Destaca-se, portanto, que o volume precipitado (mm) não possui relação diretamente proporcional com a perda de solo por erosão hídrica, uma vez que este é apenas um dos fatores da chuva determinantes do processo erosivo. Segundo Moreti et al. (2003) o volume precipitado representa uma pequena influência em maiores ou menores perdas de solo. Os autores destacam que as características da chuva que proporcionam as correlações mais elevadas com as perdas de solo são a intensidade e a energia cinética. A perda de solo no espaçamento 0x0m novamente apresentou-se diferente estatisticamente em relação aos demais, sendo o maior valor (583,50 Kg ha⁻¹), seguido pelos espaçamentos 1,0x0,45, 1,5x0,45, 2,0x0,15 e 2,0x0,45 que não diferiram estatisticamente entre si, mais apresentaram perda de solo intermediária, diferindo significativamente da testemunha (0x0) e dos demais espaçamentos (1,0x0,15; 1,0x0,30; 1,5x0,30 e 2,0x0,30). Com estes resultados pode-se afirmar que para a classe de precipitação C (15 a 25 mm) o melhor espaçamento entre plantas é de 0,30m.

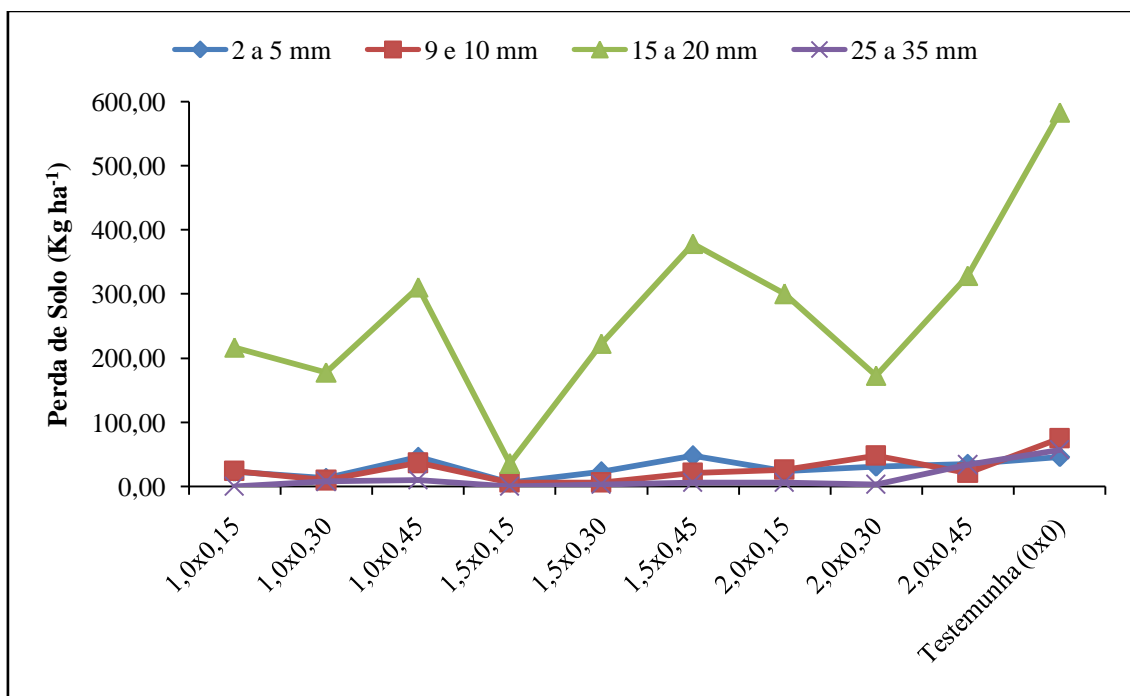


Figura 17. Perda de Solo (Kg ha⁻¹) nas quatro classes de precipitação em função dos diferentes espaçamentos de plantio.

Embora para classe de precipitação A (2 a 5 mm) não tenha diferido estatisticamente entre os espaçamentos de plantio (Tabela 11), observa-se que houve uma

tendência de aumento substancial na perda de solo por erosão em função do aumento do espaçamento entre plantas (de 0,15m para 0,30m e de 0,30 para 0,45m) (Figura 18).

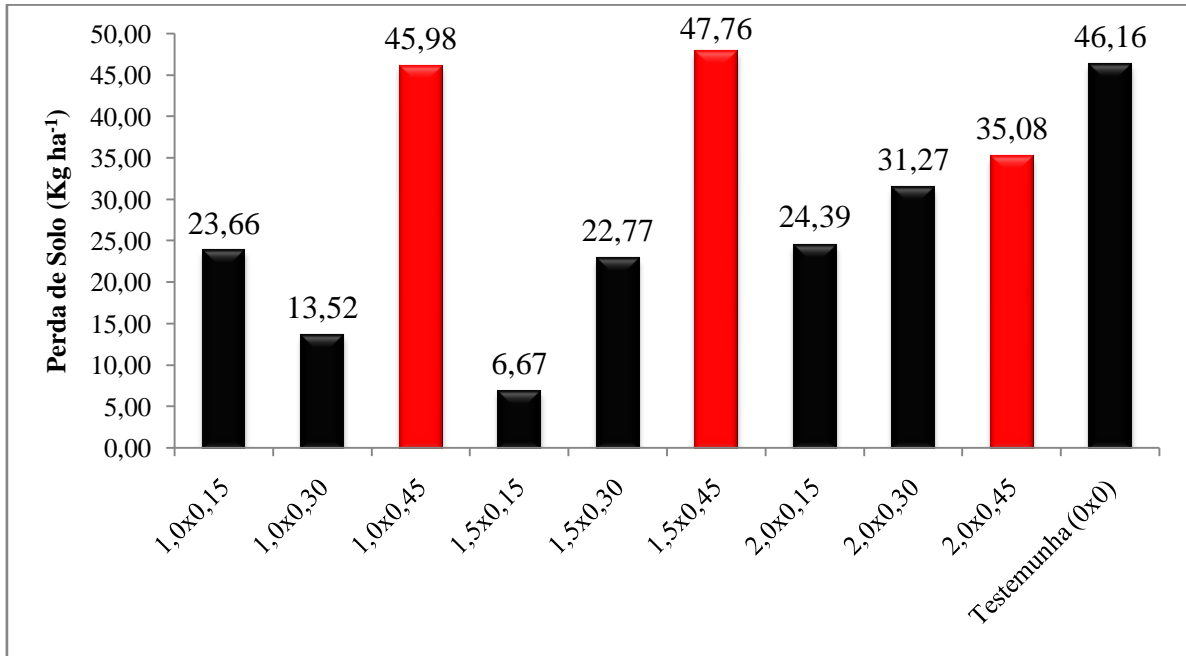


Figura 18. Perda de solo (Kg ha⁻¹) por erosão em encosta coberta por capim Vetiver em diferentes espaçamentos em função da classe de precipitação A (02 a 05 mm), com ênfase no espaçamento 0,45 m entre plantas.

A perda de solo por erosão hídrica na classe de chuva D (25 a 35) apresentou diferença apenas entre o maior espaçamento utilizado (2,0x0,45 – 33,71 Kg ha⁻¹) para a testemunha (0x0 – 57,40 Kg ha⁻¹) e para os demais, onde a testemunha também difere significativamente dos demais espaçamentos (Tabela 11).

Observa-se na figura 19 que a perda de solo quando submetida a regressão linear apresentou uma tendência de aumento linear em função da redução do número de plantas por 100m², com R² = 0,62, valor moderado, proporcionando as oscilações observadas na figura. Logo, a densidade de plantas não o fator mais importante para explicar a perda de solo e sim o espaçamento entre plantas (Figura 20).

Observa-se que o espaçamento 0,45 m quando comparado aos demais espaçamentos entre plantas apresentou sempre maior valor de perda de solo com a mudança dos espaçamentos entre linhas (Figura 20) e nas diferentes classes de precipitação. Já o espaçamento 0,15 m quando comparado aos demais espaçamentos entre plantas apresentou sempre menor valor de perda de solo apenas quando associado aos maiores espaçamentos

entre linhas (1,5 m e 2,0 m). Segundo Pereira et al. (2011) quanto menor o espaçamento entre plantas do capim vetiver, menor será a perda de solo por erosão de encosta. Bertoni & Lombardi Neto (2010) descreveram que a perda de solo por erosão é influenciada não apenas pela presença/ausência de cobertura vegetal, mais também pela densidade de plantio, citando ainda que quanto menor o espaçamento entre plantas na mesma linha de plantio, maior será o sucesso no controle de erosão.

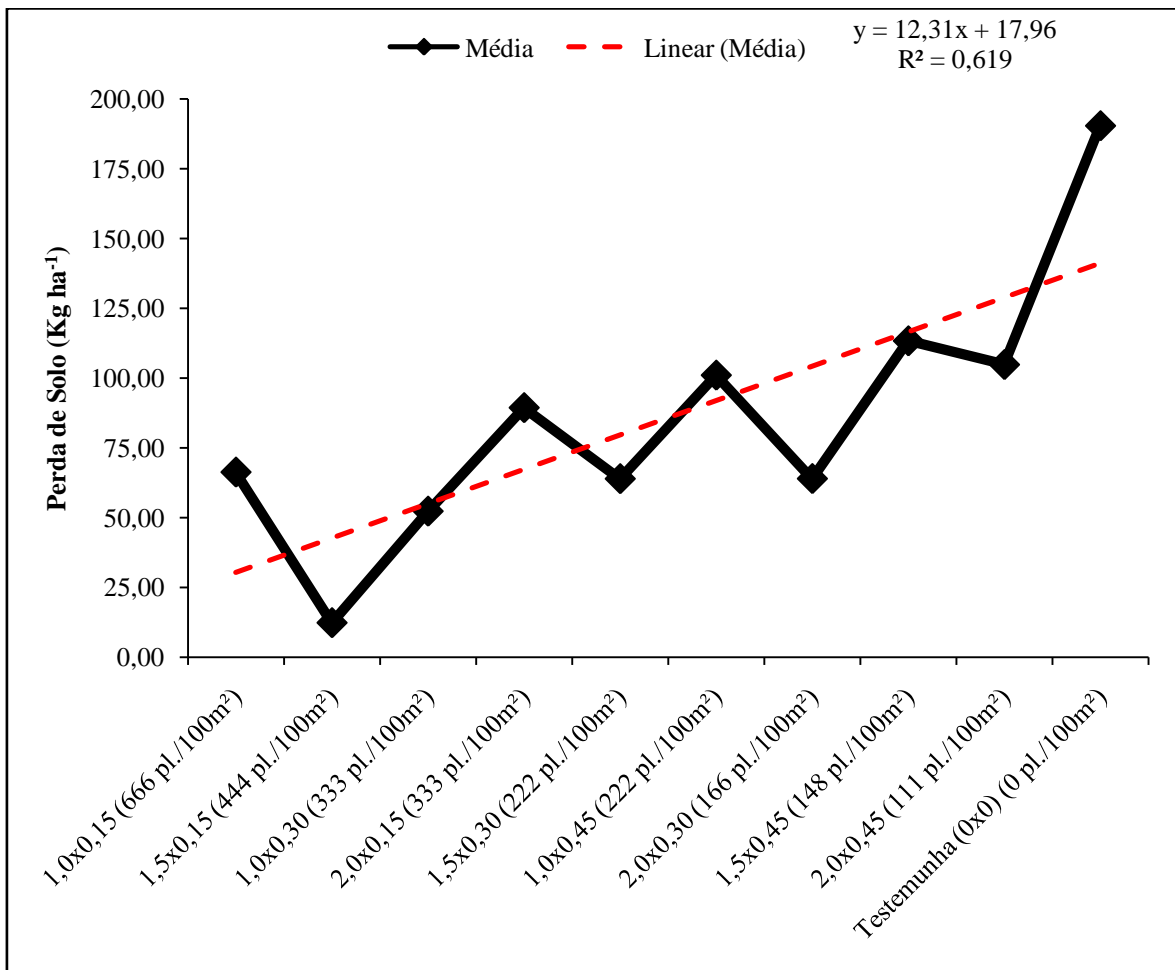


Figura 19. Perda de Solo (Kg ha^{-1}) média das quatro classes de precipitação em função dos diferentes espaçamentos de plantio, em ordem decrescente do número de plantas por 100m^2 .

As maiores perdas de solos foram obtidas no espaçamento 0×0 (Figuras 17 e 19) em todas as classes de precipitação, fator este que pode ser justificado pela inclinação do terreno e pode ser também um dos fatores mais importantes na erosão do solo.

No espaçamento entre linhas de 1 m as menores perdas de solo foram obtidas no espaçamento entre plantas 0,30, 0,15 e 0,45 m, respectivamente semelhante ao espaçamento entre entre linhas de 2m (Figura 20) .

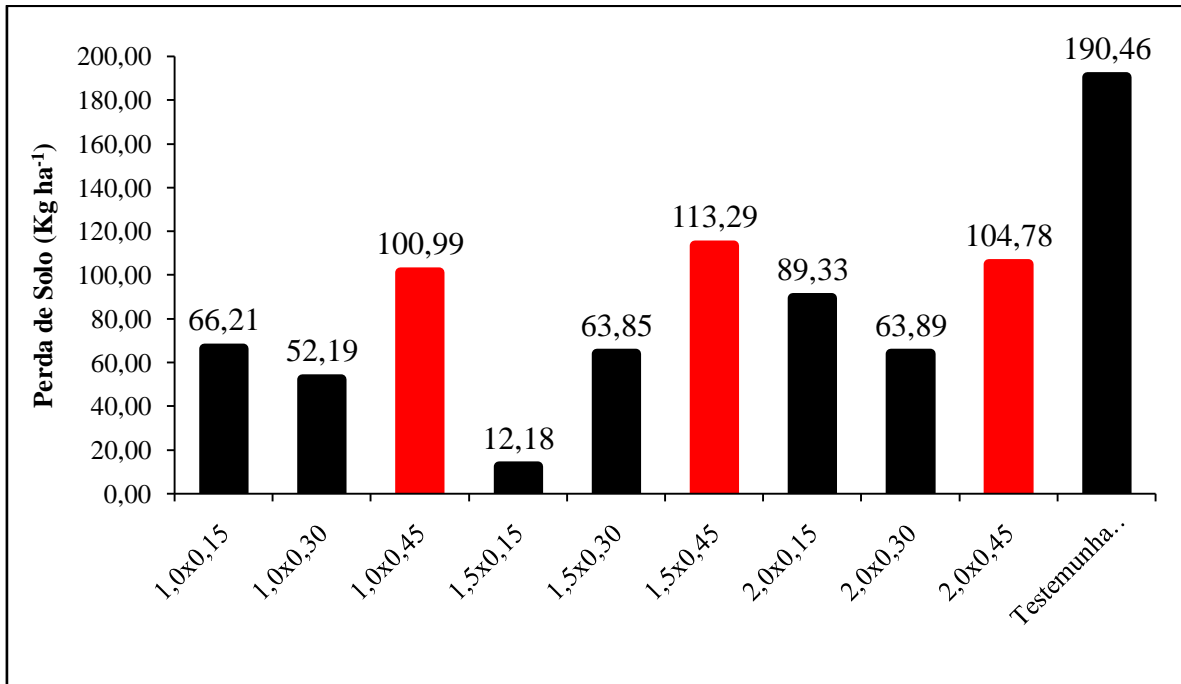


Figura 20. Perda de Solo média (Kg ha⁻¹) das quatro classes de precipitação em função dos diferentes espaçamentos de plantio, com ênfase no espaçamento 0,45 entre linhas.

4.5. Resistência à penetração do solo

Ao analisar o experimento de estabilização e recuperação do talude no momento da primeira avaliação, aos 12 meses do plantio, Cobra (2011) não observou diferenças nas diferentes profundidades, mas aos 17 meses do plantio as camadas a partir de 30 cm de profundidade encontraram-se menos compactadas em todos os espaçamentos (Tabela 12).

Já aos 24 meses do plantio, as camadas menos compactadas, em todos os espaçamento, encontram-se a partir de 20 cm. Havendo, portanto, uma diminuição da compactação do solo na camada de solo a partir de 20 cm de profundidade nos espaçamentos 1,0x0,30 e 1,5x0,15, com a permanência do Vetiver por um período mais prolongado no campo.

Tabela 12. Resistência a penetração (KPa) de um solo sem cobertura vegetal (testemunha) e submetido ao plantio de capim Vetiver sob diferentes espaçamentos em diferentes profundidades após 17 e 24 meses do plantio.

Profundidade	Espaçamentos									
	0x0		1,0x0,15		1,0x0,30		1,0x0,45		1,5x0,15	
	17 meses	24 meses	17 meses	24 meses	17 meses	24 meses	17 meses	24 meses	17 meses	24 meses
0-5	564,2 Ab	562,2 Ab	562,2 Ab	564,3 Ab	562,3 Ab	562,4 Ab	560,3 Ab	560,3 Ab	558,9 Ab	563,6 Ab
5-10	566,4 Ab	567,2 Bc	571,7 Bc	556,7 Aa	564,9 Ab	560,5 Ab	563,4 Ab	562,0 Ab	561,2 Ab	560,5 Ab
10-20	568,7 Ab	561,6 Ab	563,0 Ab	555,6 Aa	566,4 Ab	559,0 Ab	562,7 Ab	561,6 Ab	562,7 Ab	559,0 Ab
20-30	559,2 Aa	556,5 Aa	555,9 Aa	553,2 Aa	560,9 Ab	556,2 Aa	556,2 Aa	556,0 Aa	557,9 Ab	555,5 Aa
30-40	557,6 Aa	552,8 Aa	554,2 Aa	551,6 Aa	557,6 Aa	553,3 Aa	554,2 Aa	552,8 Aa	554,8 Aa	553,1 Aa
40-50	554,1 Aa	551,9 Aa	552,5 Aa	551,0 Aa	555,5 Aa	552,2 Aa	552,6 Aa	551,9 Aa	554,1 Aa	552,1 Aa
50-60	553,2 Aa	551,1 Aa	551,8 Aa	551,6 Aa	554,0 Aa	551,5 Aa	552,4 Aa	551,3 Aa	552,9 Aa	551,5 Aa

Profundidade	Espaçamentos									
	1,5m x 0,30m		1,5m x 0,45m		2,0m x 0,15m		2,0m x 0,30m		2,0m x 0,45m	
	17 meses	24 meses	17 meses	24 meses	17 meses	24 meses	17 meses	24 meses	17 meses	24 meses
0-5	563,6 Ab	566,6 Ac	566,5 Ab	559,0 Ab	559,4 Ab	559,5 Ab	562,4 Ab	562,5 Ab	564,1 Ab	564,2 Ab
5-10	562,7 Ab	560,5 Ab	566,4 Ab	560,5 Ab	559,4 Ab	561,2 Ab	564,9 Ab	566,5 Bb	573,9 Bc	565,0 Bb
10-20	563,4 Ab	559,3 Ab	561,5 Ab	559,7 Ab	563,4 Ab	560,8 Ab	561,9 Ab	561,2 Ab	566,4 Ab	566,1 Ab
20-30	557,7 Aa	555,0 Aa	556,2 Aa	556,2 Aa	556,9 Aa	554,2 Aa	556,9 Aa	555,5 Aa	557,7 Aa	556,7 Aa
30-40	557,2 Aa	553,0 Aa	555,2 Aa	552,4 Aa	553,5 Aa	553,9 Aa	555,5 Aa	553,1 Aa	556,5 Aa	552,8 Aa
40-50	554,9 Aa	552,2 Aa	552,9 Aa	551,5 Aa	553,2 Aa	552,8 Aa	554,6 Aa	551,9 Aa	553,7 Aa	551,6 Aa
50-60	553,5 Aa	551,2 Aa	552,2 Aa	550,8 Aa	554,2 Aa	551,6 Aa	553,9 Aa	551,1 Aa	553,58 Aa	551,8 Aa

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Scott-Knott a 5 % de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si no mesmo período de avaliação, pelo teste Scott-Knott a 5 % de probabilidade.

Analisando a resistência a penetração do solo nas diferentes profundidades observou-se que há diferença entre os espaçamentos apenas na profundidade de 5 a 10 cm tanto aos 17 meses do plantio como aos 24 meses. Os espaçamentos que apresentaram maiores valores de compactação nesta profundidade aos 17 meses do plantio foram 1,0x0,15 e 2,0x0,45m e aos 24 meses do plantio foram 0x0 m, 2,0x0,30 m e 2,0x0,45 m (Tabela 12). Observa-se que os espaçamentos que apresentaram maiores valores de compactação na camada de 5 a 10 cm aos 24 meses (Tabela 12) são os espaçamentos que em uma avaliação média da compactação nos diferentes espaçamentos apresentou os maiores valores de compactação (Tabela 13).

Os valores de resistência a penetração nos três períodos de avaliação (12, 17 e 24 meses do plantio) (Tabela 13) estão dentro dos índices de compactação do solo (USDA, 1993), que classifica a área como sendo de solo intermediário, por apresentarem valores entre

100 a 2000 KPa, valores de referência do referido departamento. Para algumas plantas o valor de resistência a penetração de 1400 KPa já pode ser prejudicial (Foloni et al., 2003).

Ao avaliar a resistência a penetração do solo aos 12 meses do plantio, Cobra (2011) observou-se que a ausência de vegetação (0 m x 0 m) não apresentou diferença significativa em comparação aos demais tratamentos, conforme demonstrado na Tabela 13, da mesma forma que os espaçamentos não diferem entre si em relação a resistência a penetração. Resultados estes contrários ao trabalho de Galeti (1973) que observou que a presença de vegetação melhorava as propriedades físicas do solo, entre elas a resistência a penetração.

Em função da falta de diferença entre os valores de resistência a penetração do solo nos diferentes espaçamentos aos 12 meses do plantio verificou-se a necessidade de avaliar esse parâmetro após um período maior de tempo de permanência do Vetiver em campo. Com as novas avaliações aos 17 e 24 meses do plantio observou-se diferenças nos valores de compactação entre os espaçamentos (Tabela 13, 4a e 5a colunas), destacando a avaliação aos 24 meses após o plantio, em que observou-se maiores valores da resistência a penetração do solo nos tratamentos sem a presença do Vetiver (0x0 m) e com baixa densidade de plantas por m² (2,0x0,45 m e 2,0x0,30 m com 111 e 166 plantas/100m²) diferindo estatisticamente dos valores de compactação observados nos demais espaçamentos (1,0x0,15; 1,0x0,30; 1,0x0,45; 1,5x0,15; 1,5x0,30; 1,5x0,45; 2,0x0,15) (Tabela 13). Com estes resultados pode-se afirmar que a gramínea Vetiver auxilia positivamente na descompactação do solo após um período de permanência maior na área experimental.

Para reforçar essa afirmativa basta observar os valores de resistência a penetração dentro de cada tratamento que apresentou diferença estatística entre o período de avaliação de 12 meses para os períodos de 17 e 24 meses nos espaçamentos 1,0 x 0,45m e 1,5 x 0,15 m, com redução nos seus valores com o aumento do tempo de permanência do Vetiver no campo. Ressalta-se que outros espaçamentos (1,0x0,30 e 1,5x0,30) também apresentaram diminuição da compactação ao longo dos três períodos de avaliação, porém não significativa estatisticamente.

Tabela 13. Resistência a penetração (KPa) de um solo submetido ao plantio de capim Vetiver em diferentes espaçamentos após 12, 17 e 24 meses.

ESPAÇAMENTOS (m)	Número de plantas por 100 m ²	Resistência a penetração (KPa)			Índice de resistência	
		12 meses	17 meses	24 meses	17 meses	24 meses
0x0	0	556,6 Aa	558,7Aa	558,6 Ab	0,00 h	0,00 h
1,0x0,15	666	557,3Aa	560,5 Ab	554,9 Aa	1,19 g	1,20 g
1,0x0,30	333	566,6 Aa	560,2 Ab	556,4 Aa	0,59 e	0,60 e
1,0x0,45	222	568,6 Ba	557,4 Aa	556,5 Aa	0,40 d	0,40 d
1,5x0,15	444	568,6 Ba	559,0 Aa	556,5Aa	0,79 f	0,80 f
1,5x0,30	222	572,6 Aa	558,7 Aa	556,8 Aa	0,40 d	0,40 d
1,5x0,45	148	555,3 Aa	557,5 Aa	555,7 Aa	0,27 b	0,27 b
2,0x0,15	333	555,6 Aa	557,3 Aa	556,3 Aa	0,60 e	0,60 e
2,0x0,30	166	556,6 Aa	558,6 Aa	557,4 Ab	0,30 c	0,30 c
2,0x0,45	111	558,3 Aa	560,8 Ab	558,3 Ab	0,20 a	0,20 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Scott-Knott a 5 % de probabilidade.

Além do tempo de permanência no campo, a densidade de plantas proporciona efeito diferenciado na descompactação do solo, sendo mais efetiva quando utiliza-se maior número de plantas por m², como observado no espaçamento 1,0 m x 0,15 m (666 plantas por 100 m²) que apresentou o menor valor de compactação (554,9 Kpa).

Apesar do menor valor da resistência a compactação do solo aos 24 meses ter sido observada no espaçamento 1,0 m x 0,15 m com 554,9 Kpa, este espaçamento não promoveu diferença estatística entre os espaçamentos 1,0x0,30; 1,0x0,45; 1,5x0,15; 1,5x0,30; 1,5x0,45 e 2,0x0,15.

Cobra 2011, avaliando aos 17 meses o efeito do capim Vetiver na descompactação de solo verificou que o espaçamento 1,5 x 0,45 m além de estar dentre os espaçamentos com menores valores de resistência a penetração é o segundo melhor espaçamento em relação ao Índice de Resistência 0,27. Resultados estes que corroboram com os valores de resistência a penetração e do índice de resistência encontrados aos 24 meses do plantio (Tabela 13), sendo assim o espaçamento de 1,5 x 0,45 m o mais recomendado para reduzir a resistência à penetração por utilizar o menor número de mudas, otimizando os custos de estabilização e recuperação de taludes quando se pensa na estruturação do solo. É importante destacar que este espaçamento não difere dos demais com plantas de Vetiver

quanto a variável perda de solo, segundo dados de Pereira et al. (2011) e dados atualizados neste estudo como pode ser observado na tabela 11.

Todavia esse espaçamento (1,5 x 0,45 m) não promoveu redução da resistência a penetração ao longo dos períodos de avaliação (Tabela 13) e não se enquadra entre os melhores espaçamentos que reduz o escoamento superficial (Tabela 8) e turbidez (Tabela 10) e aumenta a infiltração (Tabela 9).

Ao avaliar as variáveis escoamento superficial, infiltração, perda de solo e turbidez em conjunto verificou-se que o tratamento testemunha (sem a presença do vetiver: 0x0 m) diferenciou estatisticamente dos demais tratamentos com plantas de Vetiver quando avaliadas as variáveis infiltração (Tabela 9), perda de solo (Tabela 11) e turbidez (Tabela 10). O tratamento testemunha, juntamente com os espaçamentos com baixa densidade de plantas por 100 m² (2,0x0,45 m e 2,0x0,30 m com 111 e 166 plantas/100m²) também apresentou maiores valores da resistência a penetração do solo significativamente (Tabela 13).

Dos espaçamentos com plantas os que apresentaram menores valores de escoamento superficial (Tabela 8), perda de solo (Tabela 11) e turbidez (Tabela 10) e maior infiltração (Tabela 9) foram: 1,0x0,15 m com 666 plantas por 100 m²; 1,0x0,30 m com 333 plantas por 100 m² e 1,5x0,15 m com 444 plantas por 100 m². Estes três espaçamentos estão entre os que promoveram menores valores de resistência a penetração, se destacando o espaçamento 1,5x0,15 m por proporcionar, entre estes espaçamentos, redução significativa da resistência a penetração do solo já aos 17 meses do plantio (Tabela 13, 4ª coluna).

Com base nos resultados obtidos ao estudar as variáveis escoamento superficial, infiltração, perda de solo, turbidez e resistência a penetração e densidade de plantas, destaca-se que nas condições experimentais em estudo o melhor espaçamento de plantio é o de 1,5x0,15 m para a estabilização/recuperação de encostas/taludes.

5. CONCLUSÕES

O capim Vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) influenciou positivamente na redução do escoamento superficial e turbidez nas classes de precipitação A (2 a 5 mm), B (9 e 10 mm), C (15 a 20mm) e D (25 a 35mm) e no aumento da infiltração e na redução da perda de solo nas classes de precipitação B, C e D.

Os diferentes espaçamentos do capim Vetiver exercem influência no aumento da infiltração da água no solo e na redução do escoamento superficial, da perda de solo por erosão hídrica, da turbidez da água escoada e da resistência a penetração do solo.

Ao avaliar os valores das variáveis escoamento superficial, infiltração, perda de solo, turbidez e resistência a penetração conclui-se que nas condições experimentais em estudo o melhor espaçamento de plantio é o de 1,5x0,15 m para a estabilização/recuperação de encostas/taludes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, L. L.; PINTO, L. V. A.; PEREIRA, M. W. M.; SOUZA, R. X. Avaliação da sobrevivência e do desenvolvimento de mudas de capim Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) em raízes nuas e produzidas em saquinhos de polietileno plantadas em diferentes espaçamentos. **Revista Agrogeoambiental**, v. 03, p. 57-64, 2011.

ARAUJO, G.; ALMEIDA, J.; GUERRA, A. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 320p.

BARROS, G. C. **Estudo fitoquímico e avaliações da toxicidade aguda e atividades biológicas da raiz do Vetiver (*Vetiveria zizanioides* L. Nash)**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 2008. 100p.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. **Dinâmica e função da matéria orgânica**. Capítulo 2. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. ed. **Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999, 508p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo, 7. ed., Ícone, 2010. 355p.

BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C. Métodos silviculturais para recuperação de nascentes e recomposição de matas ciliares. In: **Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas**, 5., 2002, Belo Horizonte. **Anais....** Belo Horizonte, 2002. p. 123-145.

BOTELHO, S. A.; FARIA, J. M. R.; FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A. V. **Implantação de floresta de proteção**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 81p.(Especialização à distancia em Gestão e Manejo Ambiental em Sistemas Florestais).

BRACKEN, N.; TRUONG, P. N. **Application of Vetiver Grass Technology in the stabilization of road infrastructure in the wet tropical region of Australia**. Proc. Second International Vetiver Conf. Thailand, 2001.

BUNCE, A. C. **Economics of soil conservation**. Ames, Iowa State College Press, 1942. 277p.

CARDOSO, C. H. S. **Desenvolvimento de um protocolo para micropropagação de Vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty)**. Florianópolis, SC, Universidade Federal de Santa Catarina, 2011, 52p. (Trabalho de Conclusão de Curso).

CASTRO, P. T. C. **Cobertura vegetal e indicadores microbiológicos de solo em talude regetado**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007. 39p.

CERRI, C. C.; FELLER, C.; CHAUVEL, A. Liberação das principais propriedades de um Latossolo Vermelho Escuro após desmatamento e cultivo por doze e cinquenta anos com cana-de-açúcar. Cah. ORSTOM, sér. **Pédologia**, v. 26, n. 01, p. 37-50. 1991.

COBRA, R. L. **Efeito de Diferentes Espaçamentos do Capim Vetiver (*Vetiveria zizanioides* (Linnaeus) Nash) na Resistência a Penetração do Solo**. 2011. Trabalho de conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental), IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes, Inconfidentes, MG, 2011. 22p.

DANTAS, P. **Tragédia no Rio: mortes poderiam ser evitadas**. Cuiabá/MT. Jan. 2011. Disponível em: <www.gazetadigital.com.br/materias.php>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2012.

DURLO, M.; SUTILI, F. **Bioengenharia** – Manejo biotécnico de cursos d'água. EST edições, 2005.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, 45, 2008, São Carlos. **Anais...** São Carlos, SP: UFSCar, 2008. p.255-258.

FOLINI, J. S. S.; CALONEGO, J. C.; LIMA, S. L. Efeito da comparação do solo no desenvolvimento aéreo e radicular de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 947-953, 2003.

GALETI, P. A. **Conserção do solo; Reflorestamento; Clima**. 2. Ed. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973.

GOMAR, E. P.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. **Resistência à resistência a penetração de Vertissolo a diferentes umidades e uso do solo**. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, 2005. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/ppgcs/congressos/XIV_Reuni%e3o_Brasileira_Cuiab%e1/15.pdf>. Acesso em: 04 de maio de 2012.

GRAY, D. H.; LEISER, A. T. **Biotechnical Slope Protection and Erosion Control**. Nova York: VanNostrand Reinhold, 1982.

GRAY, D. H.; SOTIR R. B. **Biotechnical and soil bioengineering slope stabilization: a practical guide for erosion control**. Canada: John Wiley & Sons, Inc, 1996. 378 p.

GREGORICH, E. G.; GREER, K. J.; ANDERSON, D. W.; LIANG, B. C. Carbon distribution and losses: erosion and deposition effects. **Soil and Tillage Research**, n. 47, p. 291-302, 1998.

GRIMSHAW, R. G. **Vetiver grass: a world technology and its impact on water**. Proceedings of the Third International Conference on Vetiver and Exhibition. Guantgzhou, China. 2003.

GUERRA, A. J. T E BOTELHO, MACHADO, R. G. **Erosão dos solos**. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Geomorfologia do Brasil. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, p.181- 227, 1998.

GUIMARÃES, J. C. R. **Medidas de Concentração de Sedimentos e Turbidez na Bacia Hidrográfica do Lajeado Grande, São Martinho da Serra (RS)**. Dissertação de mestrado, Santa Maria, RS, 2010.

HENGCHAOVANICH, D. **Gramma Vetiver para estabilização de encostas e controle da erosão, com especial referência para aplicações em engenharia**. Boletim Técnico, Tailândia, 1998.

HENRIQUES, A. C. **Vetiver como alternativa contra erosão do solo**. EMATER, Caxambú, MG. 2009. Disponível em: <www.portalruralsft.com/manejoExibe.asp>. Acesso em: 12 de março de 2012.

LAL, R.; PIRCE, F. J. **The vanishing resource**. In: Soil management for sustainability. Ankeny, Soil and Water Conservation Society, p.01-05, 1991.

LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. **Erodibilidade de solos paulistas**. Campinas: Instituto Agrônomo-Boletim Técnico, 1985.

MADRUGA, E. L.; SCHELLE, E. L.; SALOMÃO, F. X. T. **Uso do capim Vetiver (sistema vetiver) na estabilização de taludes de rodovias, proteção de drenagens e de áreas marginais**. UFMT, Departamento de Engenharia Civil, 2005.

MORETI, D.; CARVALHO, M. P.; MANNIGEL, A. R.; MEDEIROS, L. R. Importantes características de chuva para a conservação do solo e da água no município de São Manuel (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.713-725, 2003.

MORGAN, R. P. C; RICKSON, R. J. **Slope stabilization and erosion control: a bioengineering approach**. London: Chapman & Hall, 1995. 274p.

PEREIRA, A. R. **Uso do Vetiver na estabilização de taludes e encostas**. Boletim técnico, Deflor Bioengenharia, ano 1 n. 03, 2006.

PEREIRA, M. W. M.; PINTO, L. V. A.; SOUZA, R. X.; ANDRADE, L. L.; COBRA, R. L.; PEREIRA, A. J. Avaliação da perda de solo por erosão hídrica em escostas cobertas por capim Vetiver em diferentes espaçamentos. In: Congresso Nacional de Meio Ambiente, 8, **Anais...**, Poços de Caldas, MG, 2011.

SANTOS, R. R. M.; LOPES, A. S.; FERNANDES, N. F.; ANDRADE, A. G.; FERRAZ, R. P. D. Influência do Processo de Selagem Superficial do Solo na Diminuição da Infiltração em Áreas Degradadas. In: Simpósio Nacional de geomorfologia/Regional, 6, **Anais...**, Goiânia, GO, 2006.

SARMENTO, O. D.; PICONI, J.; BARBOSA, J. **Novas Realidades e Novos Desafios. Belo Horizonte.** Informativo do Conselho de Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia de Minas Gerais; nº110, 2008.

SUDHISHRI, S.; DASS, A.; LENKA, N. K. **Efficacy of vegetative barriers for rehabilitation of degraded hill slopes in eastern India.** Soil & Tillage Research, India, n. 99, p. 98-107, 2008.

SUZUKI, L. E. A. S. **Compactação do solo e sua influência nas propriedades físicas do solo e crescimento e rendimento de culturas.** 2005. Dissertação (Mestrado em ciência do Solo), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2005. 149p.

TRUONG, P. N. HART, B. **Sistema Vetiver para tratamento de águas residuais.** Boletim Técnico, Rede Vetiver para as Orlas do Pacífico. Royal Projetos Administrativos de Desenvolvimento, Bangkok, Tailândia, n. 02, 2001.

TRUONG, P. N. **The Global Impacto of Vetiver Grass Technology on the Environment.Proc. Second Intern.** Vetiver Conf.Thailand, 2000.

TRUONG, P. N.; VAN, T. V., PINNER, E. **Sistema de aplicação vetiver:** Manual de referência técnica. ed. 02, Vietnam, 2008. 116p.

USDA – United States Department of Agriculture. **Prediction rainfall erosion losses:** a guide to conservation planning. Handbook, n. 537. Washington D.C.: USDA, 1978.

USDA - United States Department of Agriculture. **Soil survey manual**. Washington, DC, USA, Soil Survey Division Staff, (Handbook, 18), 1993. 437p.

XIA, H. P. A, H. X.; LIU, S. Z.; HE, D. Q. **Tecnologia de bio-engenharia para aplicação (utilização) da grama (capim) Vetiver para a prevenção de derrapagens no Sul da China**. Seminário Internacional de Vetiver, Fuzhou, China. 1999.

XIE. **Vetiver para a estabilização da rodovia no Condado (Comarca) de Jian Yang: Demonstração e Extensão**. Procedimentos Abstratos. Seminário Internacional de Vetiver, Fuzhou, China. 1997.