



RAFAEL LACERDA COBRA

**EFEITO DE DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DO CAPIM VETIVER
(*Vetiveria zizanioeides* (Linnaeus) Nash) NA RESISTÊNCIA A
PENETRAÇÃO DO SOLO**

**INCONFIDENTES-MG
2011**

RAFAEL LACERDA COBRA

**EFEITO DE DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DO CAPIM VETIVER
(*Vetiveria zizanioides* (Linnaeus) Nash) NA RESISTÊNCIA A
PENETRAÇÃO DO SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada 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 - Campus Inconfidentes, para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Orientadora: Lilian Vilela Andrade Pinto
Co-orientador: Ademir José Pereira

**INCONFIDENTES-MG
2011**

RAFAEL LACERDA COBRA

**EFEITO DE DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DO CAPIM VETIVER
(*Vetiveria zizanioides* (Linnaeus) Nash) NA RESISTÊNCIA A
PENETRAÇÃO DO SOLO**

Data de aprovação: __ de _____ 2011

Orientadora: D.Sc. Lilian Vilela Andrade Pinto

D.Sc. Ademir José Pereira

D.Sc. Luiz Carlos Dias Rocha

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Deslizamentos de encostas e sociedade.....	3
2.2. Proteção de encostas em áreas urbanas	4
2.3. Interferência da vegetação nas áreas de encostas	4
2.4. Vetiver	5
2.5. Propagação do vetiver	6
2.6. Proteção de Encostas com Vetiver	7
2.7. Resistência do solo a penetração	8
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
3.1. Área Experimental	10
3.2. Resistência a penetração	12
3.3. Análise Estatística	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	13
5. CONCLUSÕES	18
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19

RESUMO

A gramínea vetiver vem sendo estudada para auxiliar na estabilização e recuperação das encostas apresentando técnicas de plantio extremamente simples, podendo ser conduzido por pessoas que não possuem conhecimento técnico, e consistindo em uma tecnologia de baixo custo e eficiência ideal para países como o Brasil. Apesar de ser uma tecnologia versátil, alguns cuidados devem ser tomados para que sua eficiência não seja prejudicada. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes espaçamentos e das diferentes idades do capim vetiver (*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash.) na resistência a penetração do solo, devido a importância que este parâmetro apresenta em relação a infiltração, escoamento superficial e a estabilidade das encostas. O experimento foi instalado em delineamento estatístico em blocos ao acaso (DBC) em uma encosta experimental com declividade média de 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, tendo desta forma, a parcela útil 1,5m de largura. As mudas foram plantadas em março de 2010 em dez diferentes espaçamentos, sendo em metros: 0,15x1; 0,30x1,0; 0,45x1,0; 0,15x1,5; 0,30x1,5; 0,45x1,5; 0,15x2,0; 0,30x2,0; 0,45x2,0 e 0x0 (testemunha/sem plantas/solo nu). O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, sendo dez tratamentos (espaçamentos) e três blocos/repetições. Foi avaliada a resistência a penetração do solo com o auxílio do penetrômetro de Stolf em duas épocas sendo a primeira com 366 dias (12 meses) e a segunda com 510 dias (17 meses) analisando a 0,10m acima da linha de plantio, a profundidade de 0 a 0,60m. As médias foram comparadas pelo teste Scott-knott a 5% de probabilidade. A área não apresentou valores de resistência a penetração diferenciados em relação aos espaçamentos avaliados e em diferentes profundidades aos 12 meses da implantação do experimento. Aos 17 meses da implantação do experimento os maiores valores de resistência a penetração ocorreram nos espaçamentos 1,0m x 0,15 m 2,0m x 0,45m 1,0m x 0,30m. O espaçamento do capim vetiver de 1,5m x 0,45m, aos 17 meses da implantação do experimento não apresentou diferença significativa em relação aos demais espaçamentos quanto a resistência a penetração, no entanto, mostrou-se o mais recomendado para reduzir a resistência à penetração e ainda utilizar menor número de mudas apresentando baixo índice de resistência significativa. Os maiores valores de resistência a penetração estão localizadas nas profundidades de 0,05 m, 0,10 m e 0,20 m em todos os espaçamentos após 17 meses de implantação do experimento.

Palavras-chave: talude, estabilização, descompactação, tecnologia simples.

ABSTRACT

The vetiver grass has been studied to aid in the stabilization and recovery slopes presenting planting techniques extremely simple and can be driven by people without technical knowledge, and consisting of a low-cost technology and efficiency ideal for countries like Brazil. Despite being a versatile technology, care should be taken so that their efficiency is not impaired. This work aimed to evaluate the effect of different spacings and different ages of vetiver grass (*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash.) Resistance to penetration of the soil, given the importance that this parameter has about the infiltration, runoff and stability of slopes. The experiment was installed on statistical design in random blocks (DBC) in an experimental slope with a slope of 30 ° ramp and 6m. The plots are too small to 6m long and 2.5 m wide, with edges of 0.5 m on each side of the plot, and thus the useful portion 1.5 m wide. The seedlings were planted in March 2010 in ten different spacings, and in feet: 0,15 x1, x1 0.30, 0, 0.45 x1, 0, 0.15 x1, 5, 0.30 x 1, 5, 0.45 x1, 5 , 0.15 x2, 0, 0.30 x2, 0, 0.45 x2, 0x0 and 0 (control / no plans / bare soil). The experimental design was randomized blocks, with ten treatments (spacing) and three blocks / replicates. We evaluated the resistance to penetration of the soil with the help of the penetrometer Stolf in two seasons with being the first 366 days (12 months) and second with 510 days (17 months) analyzing the 0.10 m above the row, the depth 0 to 0.60 m. Means were compared by Scott-Knott test at 5% probability. The area did not show the penetration resistance values in relation to different spacings evaluated at different depths and at 12 months of implementation of the experiment. At 17 months of implementation of the experiment the highest penetration resistance occurred at spaced 1.0 m x 2.0 m 0.15 m 0.45 m x 1.0 m x 0.30 m. The vetiver grass spacing of 1.5 m x 0.45 m at 17 months of implementation of the experiment showed no significant difference in relation to other space as the resistance to penetration, however, was the most recommended to reduce the resistance penetration and also use fewer seedlings showing low rate of significant resistance. The highest values of penetration resistance are located at depths of 0.05 m, 0.20 m 0.10 me in all areas after 17 months of implementation of the experiment.

Key-words: Slope, stabilization, decompression, simple technology.

1. INTRODUÇÃO

Nunca a história registrou um número tão elevado de pessoas vivendo nas cidades. Trata-se de um fenômeno global e com conseqüências que interferem na qualidade da vida de toda a população, recaindo até mesmo nas futuras gerações.

No Brasil, o número de pessoas que vivem nas cidades dobrou no período de 1957 a 2007, correspondendo a 82% ao final destes 50 anos (Oliveira, 2008), hoje este número gira em torno de 84,35% da população existente no país. O crescimento dos centros urbanos constitui um fenômeno típico do século XX e que continua se intensificando no século atual, quando pela primeira vez na história da humanidade a população urbana superou a rural em escala global (IBGE, 2010).

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.

Em meio a tantas dificuldades e problemas surge uma indagação importante: como proteger as encostas no perímetro urbano com eficiência e baixo custo, de modo a descompactá-las e ainda minimizando ou evitando as trágicas conseqüências dos deslizamentos de terra?

O vetiver (*Vetiveria zizanioeides (linnaeus) Nash*), gramínea estudada para tentar solucionar o problema das encostas é uma tecnologia de baixo custo e eficiência ideal para países como o Brasil, além disso, seu plantio é extremamente simples, podendo ser conduzido por pessoas que não possuem conhecimento técnico. Apesar de ser uma tecnologia versátil, alguns cuidados devem ser tomados para que sua eficiência não seja prejudicada.

Na Ásia e América do Norte bem como em outras regiões, o vetiver já vem sendo utilizado baseado em conhecimento técnico-científico (Castro & Ramos, 2002), sendo de vital

importância que no Brasil pesquisas sejam desenvolvidas para que não adotemos resultados referentes a espaçamentos, adubação, irrigação ótima, obtidos através de pesquisas realizadas em outros lugares do globo com condições de solo, regimes de chuva, relevo, clima, total ou parcialmente diferentes dos encontrados no Brasil.

O desenvolvimento do vetiver faz com que as suas raízes penetrem no solo tornando-o mais poroso e menos compactado. A descompactação aumenta a taxa de infiltração de água e diminui a frequência de enxurradas e de perda de solo, o que evita ou diminui a possibilidade de acontecer deslizamentos.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes espaçamentos e das diferentes idades do capim vetiver na resistência a penetração do solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Deslizamentos de encostas e sociedade

A instabilidade dos taludes gerada pela precipitação de águas pluviais depende do comportamento de cada tipo de solo, variando de acordo com o clima da região, declividades e geometria dos taludes e é agravada pela ação antrópica nestas áreas que já possuem riscos geotécnicos (Santos & Brito, 2009).

Há vários tipos diferentes de deslizamentos de encostas classificados pelo tipo de material envolvido, a maneira como se move e sua rapidez. Entretanto, com qualquer movimento de massa, uma camada do solo se separa em alguns graus do leito da rocha subjacente pela ação do escoamento subsuperficial que separa o solo da rocha e a gravidade faz a camada de solo deslizar pela encosta. O solo é uma mistura relativamente solta de pedras desgastadas, minerais, ar, água e material orgânico decomposto que cobrem a superfície. O leito é a camada de rochas mais sólida e estável que fica abaixo (Horton, 2008).

Embora a palavra deslizamento de terra seja (incorretamente) usada, geralmente, para incluir vários tipos de movimento de massa, o deslizamento é algo mais específico. Refere-se a um movimento de massa em que as rochas e sedimentos se soltam de um leito de rocha estável ao longo de uma zona diferente de fraqueza. As rochas e os sedimentos se separam e se movem rapidamente morro abaixo (Horton, 2008). Os deslizamentos de encostas acarreta em diversos problemas econômicos, sociais e ambientais para a população (Santos & Brito 2009).

O conceito de justiça ambiental começa a ganhar espaço no Brasil. Especialistas constatam que a população de baixa renda vive em áreas de risco e é a principal vítima destes desastres sócio-ambientais e, com vidas simples, apresentam dificuldades ou até mesmo não conseguem se reconstruir (Nusdeo, 2006).

2.2. Proteção de encostas em áreas urbanas

A proteção das encostas tem como objetivo evitar a erosão de áreas agricultáveis, impedir o assoreamento dos cursos d'água e obstar a destruição das dunas, taludes e escarpas, além de evitar deslizamentos em áreas de risco. Graves prejuízos ambientais tais como o assoreamento dos corpos d'água, e eventos que acarretam sérios riscos para a população humana, como as enchentes e os deslizamentos de encostas ocorrem na prática por que simplesmente as áreas de preservação permanente não são respeitadas na maioria de nossos núcleos urbanos (Arújo, 2002).

A proteção de encostas, evitaria a perda das camadas férteis do solo, o assoreamento de rios e lagos, os pequenos e grandes deslizamentos de terras e conseqüentemente grandes tragédias para a sociedade, porém as estratégias e métodos utilizados atualmente mostram-se insuficientes e não atingem os resultados esperados (Dutra, 2000).

Para proteção de encostas, devem ser empregadas barreiras vegetais para deter deslizamentos de terra e perdas de solo pela erosão. Arbustos de raízes fibrosas e capins plantados como cercas vivas nessas situações topográficas reduzem o poder erosivo das chuvas e faz com que seja depositada a sua valiosa carga de solo próximo das fileiras de cercas vivas. Se estas forem plantadas nos intervalos verticais corretos, as perdas de solo serão mínimas (Grimshaw, 1990).

O método vegetal de conservação do solo e da umidade usa a natureza em defesa própria. A medida que o tempo passa o escoamento deposita o solo que vinha retirando, o capim vetiver desenvolve em sedimento e cria-se um terraço natural. Este terraço passa a ser uma característica permanente da paisagem e transforma-se em barreira permanente e eficiente (Banco Mundial, 1990).

Ao atingir as cercas vivas, as águas perdem velocidade, espalhando-se, depositam sua carga de sedimento e escoam-se ao longo da fileira de cercas, infiltrando-se no solo. Nenhuma ou pequena quantidade de solo e água são perdidas, sendo que a água não atinge velocidade o bastante para arrastar o solo, em função da presença de barreira vegetal (Banco Mundial, 1990).

2.3. Interferência da vegetação nas áreas de encostas

Conforme Gomes et al. (1992) apud Pauletto et al. (2005) a maior densidade do solo aumenta a resistência a penetração e estas são aumentadas com a profundidade, isso pode

ser explicado pelas pressões exercidas das camadas superiores sobre as subjacentes, que provocam a compactação, aumentando a resistência a penetração, reduzindo a sua porosidade. Este efeito é incrementado devido a influência das raízes na camada superficial do solo.

Uma das coisas que podem ocorrer por influência da vegetação é o acréscimo dos índices de infiltração por diferentes fatores, tais como, raízes fisiologicamente ativas, canais ocasionados por raízes que morrem, aumento da rugosidade hidráulica, elevação da porosidade efetiva do solo e alterações da estrutura do solo (Linsley & Franzini, 1972; Morgan, 1994) apud (Couto et. al., 2010).

O sistema radicular das espécies usadas na revegetação deve trazer benefícios ao substrato, não somente pela incorporação de matéria orgânica quando da morte de pequenas raízes, mas também na melhoria da drenagem e estruturação do substrato que auxiliarão o desenvolvimento da sucessão natural de revegetação (Castro, 2007).

2.4. Vetiver

O capim vetiver também conhecido por capim de cheiro, é uma gramínea que foi intensamente difundida pelo Banco Mundial na década de 1980, para auxiliar no controle de erosão e na conservação de solos e água, em áreas com poucos recursos, especialmente para os países em desenvolvimento (Couto et. al., 2010).

O vetiver é uma gramínea perene, originária da Ásia tropical (Índia, Ceilão¹ e Malásia), ereta de 1,50 m a 2,20 m de altura, com sistema radicular denso, atingindo até 3m de profundidade, aromáticas, pardo-escuras e rijas. Os colmos são fortes, achatados, glabros, lisos, verde-claro, brilhantes, com perfilhação abundante. As folhas são estreitas e longas, fortes, eretas, rijas, mas com as extremidades dobradas, acaneladas, de margens ásperas e cortantes, não aromáticas, mais escuras que os colmos (Brilho & Santos, 1965; Castro, 2007). A classificação sistemática do capim vetiver pode ser observada na Tabela 1.

Possui elevada rusticidade podendo ser cultivada desde solos arenosos (franco-arenosos, areno-argilosos) até solos mais pesados (argilo-arenosos ou argilo-humico), desenvolve-se em solos com pH baixo (solos ácidos) e solos alcalinos, o mesmo acontecendo com solos salinos. Resiste desde a baixa pluviosidade (300 a 800 mm/ano) até as altas precipitações (3000 a 5000 mm/ano), podendo ser plantado em solos inundados. Tolerante a temperaturas extremas entre -9 a 50°C, por ser propagada por meios agâmicos (mudas) e não por sementes, apresenta baixo risco de se tornar invasora. É usado para formar barreiras de

¹ Ceilão – hoje chamado de Sri Lanka.

contenção do solo em ladeiras e para revestir diques, tanques, margens de cursos de água (arroyos e rios) ou nas paredes dos condutos de água. Não se trata de planta hospedeira ou intermediária de pragas ou doenças, ainda possui grande capacidade de seqüestro de carbono, cerca de 5 kg/planta/ano incorporados ao solo. Apresenta-se resistente ao fogo e pastoreio, sendo bastante aceita pelo gado quando nova (Brilho & Santos, 1965). Quanto a sua longevidade, pode chegar até 50 anos (Oliveira, 2007).

TABELA 1: Classificação sistemática do capim vetiver.

Classificação Sistemática	
Reino:	Plantae
Divisão:	Magnoliophyta
Classe:	Liliopsida
Ordem:	Poales
Família:	Poaceae (antiga Gramineae)
Subfamília:	Panicoideae
Tribo:	Andropogoneae
Gênero:	Vetiveria
Espécie:	<i>Vetiveria zizanioides</i> (L.) Nash.
Sinóníma:	<i>Chrysopogon zizanioides</i> (L.) Roberty

Fonte: EMATER – MG (2007)

2.5. Propagação do vetiver

A propagação é feita via produção de mudas. As mudas são plantadas em viveiros sombreados, em sacos plásticos, tubetes ou até mesmo no próprio solo, com espaçamento de 0,5m x 0,5m, em substrato comum, como o utilizado para café (700 L de terra de barranco, 300 L de esterco de curral, 4 kg de super fosfato simples). Entretanto, por se tratar de planta rústica o que mais se utiliza é viveiro a céu aberto (Passos, 1973).

Para um crescimento ótimo, os viveiros devem ser adubados e irrigados, especialmente em áreas muito secas (Castro & Ramos, 2008).

2.6. Proteção de Encostas com Vetiver

Os principais produtores do capim vetiver são a Índia, Java, Haiti obtendo-se excelentes resultados na contenção de encostas e vem sendo usado na Indonésia, Índias Ocidentais, África e Polinésia (Oliveira, 2007).

O capim vetiver tem sido utilizado na Índia para proteger cortes de estradas e outros casos do tipo (Figura 1). O capim tem revelado notável capacidade de crescimento em qualquer terreno. Uma planta capaz de vicejar sob condições extremas, tem apresentado excelente trabalho de estabilização em praticamente qualquer lugar (Banco Mundial, 1990).

Controle de encostas com cercas vegetais

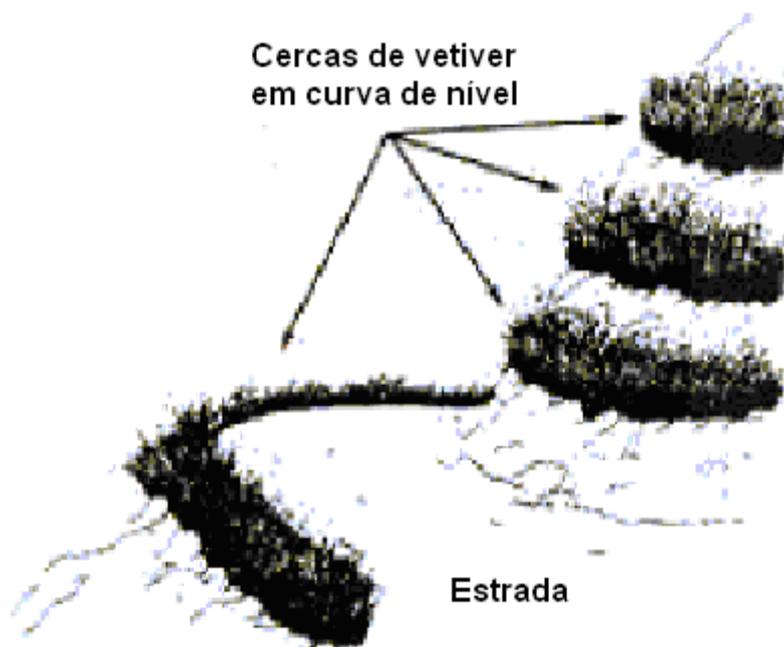


FIGURA 1: Exemplo da utilização do capim vetiver na contenção de encostas (Banco Mundial, 1990).

Na Figura 2, pode-se observar a morfologia do vetiver em corte transversal, em terraço. As folhas e talos do capim vetiver freiam o escoamento sedimentar em "A" e fazem com que o sedimento se deposite na superfície do solo logo acima da planta em "B", ao passo que a água continua a escoar pela inclinação em "C" com velocidade muito menor. O sistema radicular da planta, visto em "D", aglutina o solo sob a planta, até uma profundidade de 3 m.

Formando uma densa cortina que acompanha o contorno do terreno, as raízes impedem a formação de ravinas.

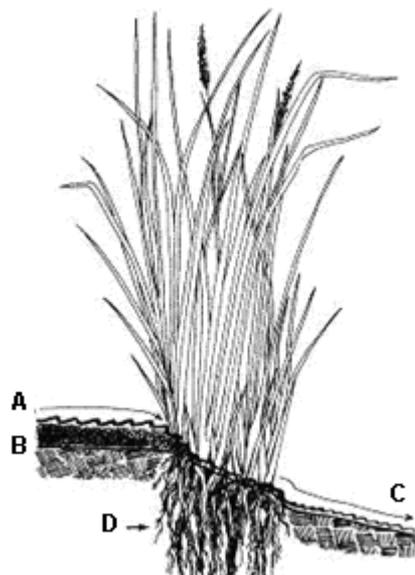


FIGURA 2: Corte transversal do solo e planta de vetiver dispostos em terraço (Banco Mundial, 1990).

As características do capim vetiver fazem da planta uma solução ideal para os problemas em questão, com isso este trabalho tem apenas o objetivo de estudar o espaçamento ideal para o cultivo da planta visando a obtenção de intervenções de sucesso nas encostas em riscos geotécnico.

2.7. Resistência do solo a penetração

A compactação do solo do solo ocorre pela alteração da estrutura por diversos usos, incluindo o emprego de máquinas e implementos agrícolas ou pelo pisoteio de animais o que culmina, com uma série de consequências na porosidade do solo, densidade do solo, taxa de infiltração, retenção de água e nutrientes, e na dificuldade na penetração de raízes das plantas. Dentre as avaliações que podem ser feitas para determinar as camadas de impedimento ao crescimento radicular podemos destacar a resistência a penetração do solo (Mantovani, 1987) apud (Oliveira, 2009). Uma das maneiras práticas de se identificar a profundidade em que se encontram as camadas, naturalmente adensadas ou para observar o efeito da presença de plantas na resistência a penetração do solo é por meio do penetrômetro de impacto, aparelho que mede a resistência dinâmica do solo à penetração (Oliveira, 2009).

Alguns autores utilizam a resistência do solo a penetração para avaliar o efeito dos sistemas de manejo do solo sobre o ambiente radicular (Bengough & Mullins, 1990) apud (Oliveira, 2009),(Tormeno & Roloff, 1996). O aumento da densidade do solo pode diminuir o desenvolvimento radicular das plantas ao impedimento físico (Oliveira, 2009).

Para algumas plantas o valor de resistência a penetração de 1400 MPa já pode ser prejudicial (Foloni et al., 2003). Valores de resistência a penetração de 2000 MPa tem sido o mais indicado na literatura como indicativo de impedimento ao desenvolvimento do sistema radicular da maioria das culturas (Taylor et al., 1966; Tormena et al., 1999), no entanto há culturas que se desenvolvem normalmente até valores superiores a 3000 MPa (Beuther & Centurion, 2003).

A resistência a penetração do solo é um parâmetro que pode ser enquadrado em categorias, conforme Tabela 2 (USDA, 1993).

TABELA 2. Classes de solo em função da resistência a penetração do solo em KPa (adaptado de USDA, 1993).

Classes	Resistência (KPa)
Pequena	< 100
Extremamente pequena	< 10
Muito baixa	10 - 100
Intermediária	100 - 2000
Alta	2000 - 4000
Muito alta	4000 - 8000
Extremamente alta	≥ 8000

Estas classes permitem a classificação de uma área em relação a resistência a penetração do solo, facilitando o entendimento sobre este parâmetro físico.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área Experimental

O experimento foi desenvolvido no Município de Inconfidentes-MG, na fazenda Experimental do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais Campus Inconfidentes no período de março de 2010 a agosto de 2011.

Situado na região Sul do Estado de Minas Gerais, o Município integra-se nas Microrregiões do Planalto Mineiro. Limita-se com os Municípios de Bueno Brandão, Ouro Fino, Borda da Mata e Bom Repouso.

O município de Inconfidentes apresenta altitude média de 855m e posição geográfica 22° 19' 00" de latitude S e 46° 19' 40" longitude W. O clima da região, segundo a classificação de Koëppem é do tipo tropical úmido com duas estações bem definidas: chuvosa (outubro a março) e seca (abril a setembro), com médias anuais de 1.800mm e 19°C de precipitação e temperatura, respectivamente.

Inconfidentes, como grande parte dos Municípios do Brasil, está se estabelecendo como um núcleo urbano próximo a áreas de riscos de deslizamento, principalmente por estar situado no sul do estado de Minas Gerais, uma das regiões com topografia mais íngremes do Brasil. Há um número considerável de áreas de risco geotécnico em Inconfidentes (Figura 3).

A maioria das famílias que estão em meio ao problema não apresenta condições socioeconômicas suficiente para promover mudanças, tendo que viver dependentes dos fatores climáticos.



FIGURA 3: Os pontos indicados em vermelhos representam as principais áreas de risco no município de Inconfidentes-MG e potenciais áreas a serem remediadas com o capim vetiver.

O experimento foi instalado em uma encosta experimental com declividade média de 30° e rampa de 6m. As parcelas foram instalados com a dimensão de 6m de comprimento e 2,5m de largura, com bordaduras de 0,5m de cada lado da parcela, tendo desta forma, a parcela útil 1,5m de largura. As mudas foram transplantadas em março de 2010 em dez diferentes espaçamentos, sendo em metros: 0,15x1; 0,30x1; 0,45x1; 0,15x1,5; 0,30x1,5; 0,45x1,5; 0,15x2; 0,30x2; 0,45x2 e 0x0 (testemunha/sem plantas/solo nu).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, sendo dez tratamentos (espaçamentos) e três blocos/repetições.

As mudas foram produzidas em saquinhos de polietileno de 5,5 x 19cm, empregando-se substrato feito de esterco bovino previamente curtido e terra de subsolo peneirada, na proporção de 1/3 de esterco e 2/3 de terra.

As covas para o plantio tiveram diâmetro de 0,15 m por 0,10 m de profundidade. A capina manual foi realizada sempre que necessária até o estabelecimento da cultura.

3.2. Resistência a penetração

O efeito dos diferentes espaçamentos do capim vetiver foi avaliado com a medição da resistência a penetração do solo com o auxílio do penetrometro de Stolf em duas épocas sendo a primeira com 366 dias (12 meses) e a segunda com 510 dias (17 meses) analisando a 0,10m acima da linha de plantio com três amostras por ponto (Gomar, 2005), a profundidade de 0 a 0,60m.

Os dados obtidos foram convertidos para KPa empregando-se um arquivo desenvolvido em EXCEL, com o auxílio da equação representada abaixo.

$$\text{Resistência a penetração (KPa)} = 549,2 + \{675,7 \times [(\text{impacto} / \text{penetração em cm})/10]\}$$

Para melhor visualização dos dados obtidos foi criado um Índice de Resistência obtido pela razão do número de mudas necessárias para a estabilização do talude em cada espaçamento e a resistência à penetração do solo.

3.3. Análise Estatística

Os dados obtidos foram processados e submetidos à análise de variância (ANAVA) segundo o delineamento em blocos ao acaso, com as médias comparadas pelo teste Scott-knott a 5% de probabilidade usando o programa Sisvar (FERREIRA, 2008).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao avaliar o experimento de estabilização e recuperação do talude observou-se que a ausência de vegetação (0 x 0m) não apresentou diferença significativa em comparação aos demais tratamentos, conforme demonstrado na Tabela 2 no momento da primeira avaliação (12 meses), da mesma forma que os espaçamentos não diferem entre si em relação a resistência a penetração e muito menos nas diferentes profundidades. Resultados estes contrários ao trabalho de Galetti (1973) que observou que a presença de vegetação melhorava as propriedades físicas do solo, entre elas a resistência a penetração.

TABELA 2. Resistência a penetração (KPa) de um solo submetido ao plantio de capim vetiver em diferentes espaçamentos após 12 e 17 meses.

ESPAÇAMENTOS (m)	Número de plantas por 100 m ²	Resistência a penetração (KPa)		Índice de resistência após 17 meses
		após 12 meses	após 17 meses	
0x0	0	556,66 a	558,79 a	0,00 h
1,0x0,15	666	557,33 a	560,52 b	1,19 g
1,0x0,30	333	566,66 a	560,28 b	0,59 e
1,0x0,45	222	568,66 a	557,44 a	0,40 d
1,5x0,15	444	568,66 a	559,03 a	0,79 f
1,5x0,30	222	572,66 a	558,74 a	0,40 d
1,5x0,45	148	555,33 a	557,54 a	0,27 b
2,0x0,15	333	555,66 a	557,33 a	0,60 e
2,0x0,30	166	556,66 a	558,64 a	0,30 c
2,0x0,45	111	558,33 a	560,87 b	0,20 a

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

Aos 17 meses da implantação do experimento observou-se que grande parte dos tratamentos com diferentes espaçamentos entre plantas de capim vetiver apresentaram valores de resistência a penetração semelhantes entre si, indicando que a condução do experimento deva se estender por um período superior aos 17 meses do experimento avaliado (Tabela 2), observação, referente ao tempo, similar a feita por Pauletto e colaboradores (2005) que em seu trabalho avaliou a densidade e a porosidade de um gleissolo submetido a diferentes sistemas de cultivo e em diferentes culturas.

Avaliando aos 17 meses o efeito do capim vetiver na descompactação de solo verificou que os melhores espaçamentos foram os 1,0m x 0,45m; 1,5m x 0,15m; 1,5m x 0,30m; 1,5m x 0,45m; 2,0m x 0,15m e; 2,0m x 0,30m. Todavia o espaçamento 1,5 x 0,45 além de estar dentre os espaçamentos com melhores valores de resistência a penetração (quarta coluna da tabela 2) é o segundo melhor espaçamento em relação ao Índice de Resistência (quinta coluna da tabela 2), sendo assim 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. Segundo Pereira et al. (2011) este espaçamento é capaz de estabilizar um talude.

Os valores de resistência a penetração (Tabela 2) demonstraram que a área experimental foi classificada como uma área de classe de solo intermediário quanto a compactação (USDA, 1993), por apresentarem valores entre 100 a 2000 KPa, valores de referencia do referido departamento. Para algumas plantas o valor de resistencia a penetração de 1400 KPa já pode ser prejudicial (Foloni et al., 2003).

As maiores resistências a penetração foram verificadas na camada menos profunda do solo, até 20 cm de profundidade, com exceção dos espaçamentos “1,0 x 0,30m” e “1,5 x 0,15 m” que apresentou valores maiores de compactação até 30cm de profundidade (Tabela 3).

As figuras 4 e 5 representam claramente a resistência a penetração do solo submetido ao plantio do capim vetiver em diferentes espaçamentos e ainda sem a presença de vegetação sob diferentes profundidades.

TABELA 3. 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 meses.

Profundidade	Espaçamentos				
	0m x 0m	1,0m x 0,15m	1,0m x 0,30m	1,0m x 0,45m	1,5m x 0,15m
5	564,28 b	562,21 b	562,39 b	560,33 b	558,96 b
10	566,47 b	571,72 c	564,96 b	563,46 b	561,21 b
20	568,72 b	563,09 b	566,46 b	562,71 b	562,71 b
30	559,21 a	555,95 a	560,96 b	556,20 a	557,96 b
40	557,65 a	554,26 a	557,64 a	554,27 a	554,83 a
50	554,15 a	552,50 a	555,51 a	552,65 a	554,15 a
60	553,20 a	551,82 a	554,08 a	552,45 a	552,95 a

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
5	563,63 b	566,59 b	559,46 b	562,48 b	564,16 b
10	562,71 b	566,46 b	559,46 b	564,96 b	573,97 c
20	563,46 b	561,58 b	563,46 b	561,96 b	566,46 b
30	557,71 a	556,21 a	556,95 a	556,95 a	557,71 a
40	557,27 a	555,20 a	553,51 a	555,58 a	556,52 a
50	554,90 a	552,95 a	553,25 a	554,60 a	553,70 a
60	553,58 a	552,20 a	554,20 a	553,95 a	553,58 a

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

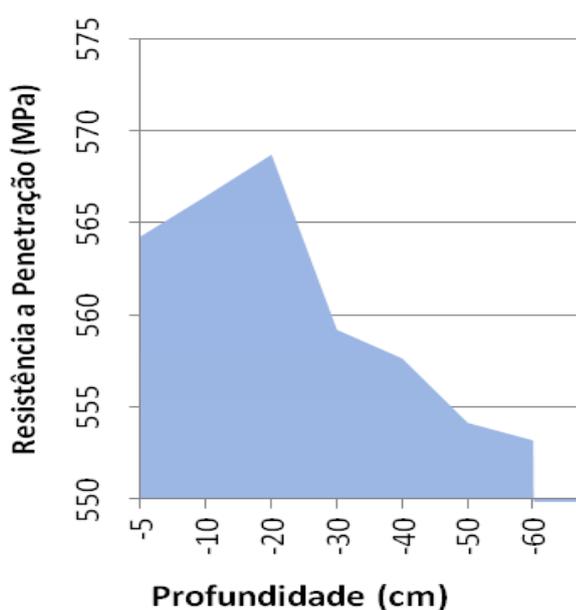


FIGURA 4. Resistência a penetração (KPa) de um solo sem cobertura vegetal (testemunha) em diferentes profundidades (cm) após 17 meses.

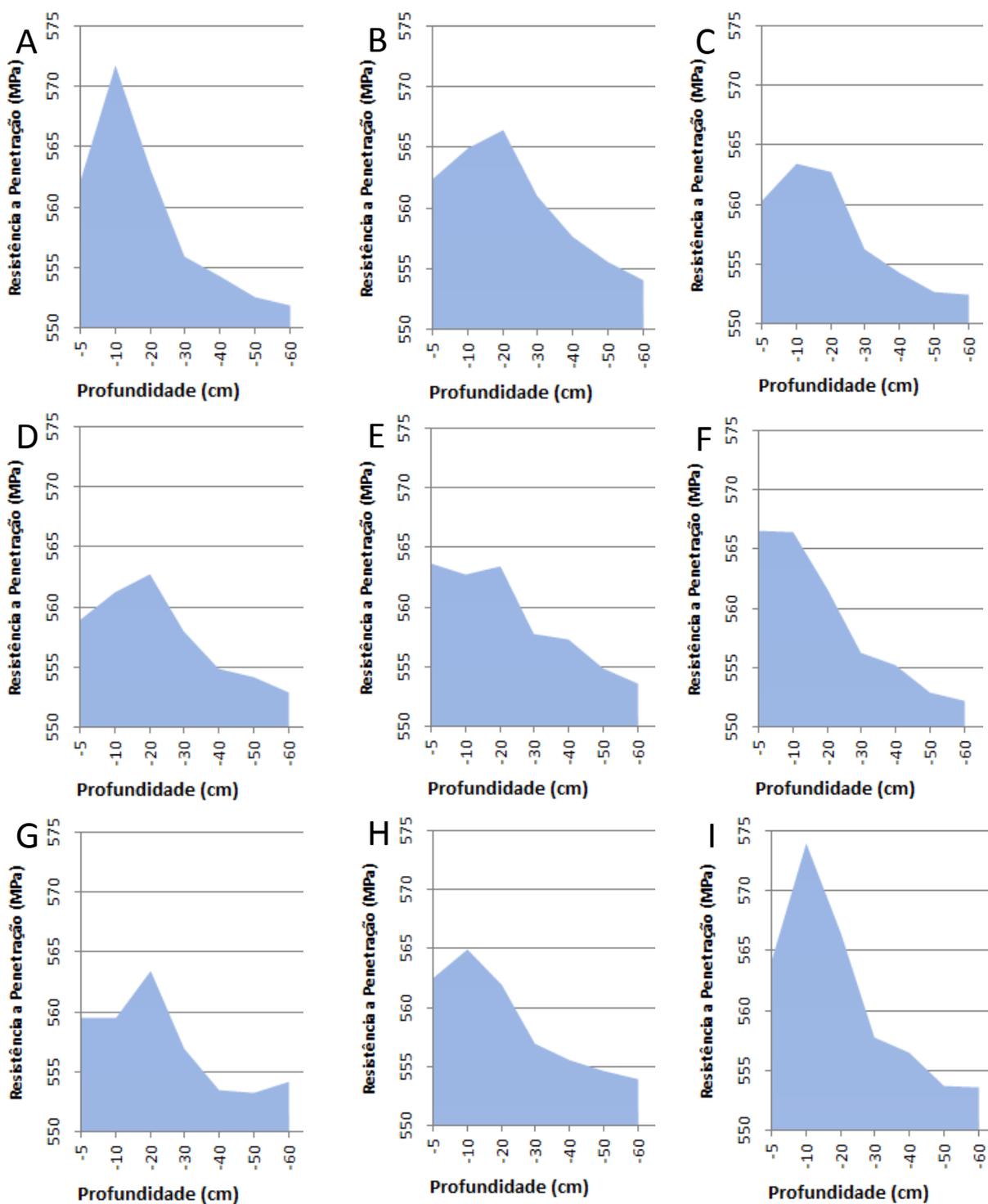


FIGURA 5. Resistência a penetração (KPa) de um solo em diferentes profundidades (cm) após 17 meses do plantio do vetiver nos espaçamentos: A) 1,0m x 0,15m; B) 1,0m x 0,30m; C) 1,0m x 0,45m; D) 1,5m x 0,15m; E) 1,5m x 0,30m; F) 1,5m x 0,45m; G) 2,0m x 0,15m; H) 2,0m x 0,30m; I) 2,0m x 0,45m.

Ao abrir uma trincheira para verificar a profundidade alcançada pelas raízes do vetiver na área experimental verificou-se que o maior volume das raízes compreendem a

camada de 0-0,30m de profundidade (Figura 6) confirmando a definição de Passos et. al. (1973) que afirmam que cerca de 85% das raízes se situam na camada de até 0,30m de profundidade. Com essa observação visual esperava-se constatar maior efeito destas nas propriedades físicas do solo e conseqüentemente redução nos valores a resistência a penetração do solo após um período maior de avaliação deste parâmetro.



FIGURA 6. Trincheira aberta para verificar a profundidade alcançada pelas raízes do vetiver na área experimental.

Conforme Gomes et al. (1992) apud Pauletto et al. (2005) elevação da densidade do solo aumenta a resistência a penetração, no seu trabalho os autores verificaram ainda que estes valores foram encontrados em maiores profundidades discordando com os resultados encontrados. Isso pode ser devido principalmente ao curto tempo de avaliação, que dificultou a observação do efeito das raízes nas camadas superiores do solo. Concordando com o trabalho proposto por Draghi (2005), a presença de cobertura vegetal diminui a susceptibilidade do solo ao aumento da resistência a penetração.

As propriedades físicas do solo são prejudicadas facilmente, porém, para provocar melhoria nestas propriedades o tempo é um fator primordial para o solo, desta forma, sendo a resistência a penetração uma característica física é necessários fazer o seu acompanhamento por um grande período de tempo.

5. CONCLUSÕES

A área não apresentou valores de resistência a penetração diferenciados em relação aos espaçamentos avaliados e em diferentes profundidades aos 12 meses da implantação do experimento.

Aos 17 meses da implantação do experimento os menores valores de resistência a penetração ocorreram nos espaçamentos 1,0m x 0,45m; 1,5m x 0,15m; 1,5m x 0,30m; 1,5m x 0,45m; 2,0m x 0,15m e; 2,0m x 0,30m.

O espaçamento do capim vetiver de 1,5m x 0,45m, aos 17 meses da implantação do experimento, mostrou-se o mais recomendado para reduzir a resistência à penetração além de, ainda, utilizar menor número de mudas.

Os maiores valores de resistência a penetração estão localizadas nas profundidades de 0,05 m, 0,10 m e 0,20 m em todos os espaçamentos após 17 meses de implantação do experimento.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGELIS, N. de; ANGELIS, B. L. D. de; Oliveira, D. S. de, **Acta Scientiarum. Technology**. Maringá, v. 26, no. 1, p. 65-73, 2004.

ARÚJO, S.M.V.G,de. **As áreas de preservação permanentes e a questão urbana**. Consultoria Legislativa, Brasília-DF, p. 03-12, 2002.

BANCO MUNDIAL. **Capim Vetiver: a barreira vegetal contra erosão**. 1ª ed. Washington,D.C.,E.U.A. Banco Mundial, 1990. 78p..

BEUTLER, A.N.; CENTURIAN, J.F. Efeito do conteúdo de água e da compactação do solo na produção de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília – DF, v.38, n. 7, p.849-856, 2003.

BRILHO, C. C. ; SANTOS, S. R. dos. **Cultivo do Vetiver e produção do seu óleo essencial**. INSS, v. 17, n. 1-2, 1965.

CARVALHO, Celso. Riscos de deslizamentos de encostas em áreas urbanas. **2º Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais tecnológicos**, 2007.

CASTRO, L. O. de ; RAMOS, R. L. D. **Principais gramíneas produtoras de óleos essenciais: Cymbopogon citratus (DC) Stapf. , capim-cidró, Cymbopogon martinii (Rox.) J.F. Watson, palma-rosa, Cymbopogon nardus (L.) Rendle, citronela, Elyonurus candidus (Trin.) Hack. , capim-limão, Vetiveria zizanioides (L.) Nash, vetiver**. Porto Alegre: FEPAGRO, 2002. 31 p. (Boletim FEPAGRO, 11). Acesso em: 5 abr. 2008. Online. Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/siesalq/pm/gramineas.pdf>>.

CASTRO, P.T.da T. C. e. **Cobertura vegetal e indicadores microbiológicos de solo em talude revegetado**. UFV, Viçosa-MG, 2007.

COUTO, L; GONÇALVES, W; COELHO, A. T. **Técnicas de bioengenharia para revegetação de taludes no Brasil**. CBCN. Viçosa-MG, 2010.

DRAGHI, L.; JORAJURÍA, D.; CERRISOLA,C.; DELGADO, L.M. **RESISTÊNCIA ESPECÍFICA DO SOLO DE UM POMAR FRUTÍCOLA**. Associação Brasileira de Engenharia Agrícola. Jaboticabal – SP, 2005. Acesso em 16 de sete. 2011. Online.

Disponível em: www.scielo.com/scielo.php?script=arttext&pid=S0100-691620050000200012

DUTRA, F; **Aspectos Jurídicos Sobre a Conservação do Solo**. Belo Horizonte, 2000. Acesso em 30 de jun. 2008. Online. Disponível em: <http://orbita.starmedia.com/tj.rj.paracambi/paginas/mc4.htm> .

FERREIRA, D. **SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística**. Revista Symposium (Lavras), v. 6, p. 36-41, 2008.

FILHO, Sylvio Pélica Leitão. **Estabilização de solos e controle de erosão com Vetiveria zizanioides (L) Nash**. Caxambu, Minas Gerais; Rural Notícias, 2007. Acesso em: 13 de jun. 2008. Online. Disponível em: <http://ruralnoticias.com/?pg=principal>.

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. **Consercação do solo; Reflorestamento; Clima**. 2. Ed. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973.

GOMAR, E.P.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. RESISTENCIA À RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO DE VERTISSOLO A DIFERENTES UMIDADES E USO DO SOLO. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, 2005. Acesso em 10 de sete. 2011. Online. Disponível em: http://w3.ufsm.br/ppgcs/congressos/XIV_Reuni%e3o_Brasileira_Cuiab%e1/15.pdf.

GRIMSHAW, R. G. **Vetiver Grass: The Hedge, Against**. p.78, 1990.

HORTON, J. **Como funcionam os deslizamentos de terra**. 2008. Acesso em: 20 de maio de 2011. Online. Disponível em: <http://ambiente.hsw.uol.com.br/deslizamento-de-terra.htm>.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo demográfico: resultados do senso, 2010. Acesso em 02 de dez. 2011. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1766.

JIMIN, Cheng: **Os caracteres bio-ecololical-ecololical de splendens de Achnatherum (Trin) e de suas técnicas do cultivation**. China; Instituto do Conservation do Solo e da Água, academy chinês das ciências e do ministry de recursos de água, 2002. Acesso em 30 de jun. 2008. Online. Disponível em: <http://www.vetiver.org>.

NUSDEO, A.M. **Justiça Ambiental**. São Paulo- SP, Dicionário de direitos Humanos, 2006.

OLIVEIRA, J. **Utilização do vetiver para controle de erosão**. Belo Horizonte, Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC 26 abr. 2007. Acesso em 6 abril de 2008. Online. Disponível em: <http://www.sbrt.ibict.br>

OLIVEIRA, R.T. **Caracterização física dos solos sob diferentes usos**. 2009. 49p. Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Inconfidentes.

OLIVEIRA, S.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.

PASSOS, S. M. G; FILHO, V. C; JOSÉ, A. **Principais culturas**. Campinas: Instituto Campineiro do Ensino Agrícola, Campinas – SP, v. 2, 1973.

PAULETTO, E.A.; BORGES, J.R.; SOUZA, R.O. de; PINTO, L.F.; SILVA, J.B. da; LEITZKE, V. W. AVALIAÇÃO DA DENSIDADE E DA POROSIDADE DE UM GLEISSOLO SUBMETIDO A DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO E DIFERENTES CULTURAS. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas – RS, 2005. Acesso em 10 de sete. 2011. Online. Disponível em: <http://www.ufpel.tche.br/faem/agrociencia/v11n2/artigo12.pdf>. 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 encostas cobertas por capim vetiver em diferentes espaçamentos. **In: 8º Congresso de Meio Ambiente. Poços de Caldas-MG**, 2011.

SANTOS, F.V.G dos; BRITO, P.C.R. **AÇÃO DAS CHUVAS NAS ENCOSTAS DA CIDADE DE SALVADOR EM PERÍODOS DE MAIORES INTENSIDADES**. Universidade Católica do Salvador, Salvador - BA, 2009. Acesso em: 20 de maio. 2011. Online. Disponível em: <http://info.ucsal.br/banmon/Arquivos/Mono3_0119.pdf>.

TAYLOR, H.M.; ROBERSON, G.M.; PARKER JUNIOR, J.J. **Soil strength-root penetration relations to medium to coarse-textured soil materials**. Soil Science, 102: 18-22, 1966.

TORMENA, C.A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, n.2, p. 333-339, 1996.

USDA, **Soil survey manual**. Washington, DC, USA, Soil Survey Division Staff, (Handbook, 18), 1993. 437p.