

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI

CAMPUS TANCREDO DE ALMEIDA NEVES

CURSO DE BACHARELADO EM ZOOTECNIA

AVALIAÇÃO DAS PERDAS DE SOLO DA EROSÃO HÍDRICA POR PINOS DE
EROSÃO EM TRÊS SITUAÇÕES: CULTIVO DO PESSEGUEIRO, PASTAGEM
NATURAL E SOLO DESCOBERTO

CLAUDINEY DE JESUS COUTO

SÃO JOÃO DEL REI-MG

JUNHO DE 2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI

CAMPUS TANCREDO DE ALMEIDA NEVES

CURSO DE BACHARELADO EM ZOOTECNIA

AVALIAÇÃO DAS PERDAS DE SOLO DA EROSÃO HÍDRICA POR PINOS DE
EROSÃO EM TRÊS SITUAÇÕES: CULTIVO DO PESSEGUEIRO, PASTAGEM
NATURAL E SOLO DESCOBERTO

CLAUDINEY DE JESUS COUTO

Zootecnista

SÃO JOÃO DEL REI-MG

JUNHO DE 2018

CLAUDINEY DE JESUS COUTO

AVALIAÇÃO DAS PERDAS DE SOLO DA EROSÃO HÍDRICA POR PINOS DE
EROSÃO EM TRÊS SITUAÇÕES: CULTIVO DO PESSEGUEIRO, PASTAGEM
NATURAL E SOLO DESCOBERTO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de bacharelado em Zootecnia, da Universidade Federal de São João Del Rei-campus Tancredo de Almeida Neves, como parte das exigências para a obtenção do diploma de bacharel em Zootecnia.

Comitê de orientação:

Orientador: prof. Sérgio Gualberto Martins (UFSJ/CTAN)

SÃO JOÃO DEL REI-MG

JUNHO DE 2018

CLAUDINEY DE JESUS COUTO

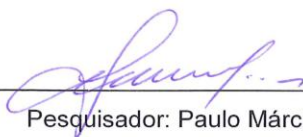
AVALIAÇÃO DAS PERDAS DE SOLO DA EROÇÃO HÍDRICA POR PINOS
DE EROÇÃO EM TRÊS SITUAÇÕES: CULTIVO DO PESSEGUEIRO,
PASTAGEM NATURAL E SOLO DESCOBERTO

Defesa Aprovada pela Comissão Examinadora em : 14 / 06 / 2018

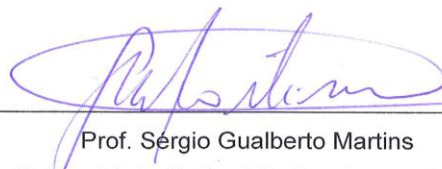
Comissão Examinadora:



Mestrando: Lucas Ferreira Rios
Universidade Federal de Lavras



Pesquisador: Paulo Márcio Norberto
Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais



Prof. Sérgio Gualberto Martins
Universidade Federal de São João del-Rei
Presidente

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus e a Nossa Senhora Aparecida, por ter me dado saúde e força para superar todos os obstáculos e alcançar os meus objetivos.

À Universidade Federal de São João Del Rei, por todo suporte no ensino, para tornar meus sonhos possíveis.

A Epamig, pela parceria e suporte para que o experimento pudesse ser realizado.

A todos os professores do curso pelos ensinamentos, em especial ao Professor Sérgio Gualberto Martins, pela contribuição na realização desse trabalho.

A minha querida e amada esposa, Nayara Almeida, que sempre esteve ao meu lado, em todos momentos, me dando muita força, sem ela esse sonho não seria possível.

Aos meus pais Marlene Araújo e Pedro Jorge, por sempre terem me dado muito apoio.

Aos meus irmãos, Whillian Couto e Katia Couto, por sempre terem me dado muita força.

A minha segunda família, Nilza Moura, Larissa Almeida e Liberio Souza, pelo apoio e incentivo.

As inesquecíveis amizades que fiz na Zootecnia, que ajudaram a tornar todos os momentos mais felizes.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análises estatísticas das pressões médias (MPa) exigidas para cada faixa de profundidade (cm) em cada tratamento	20
Tabela 2 – Análises estatísticas das pressões médias (MPa) exigidas para cada faixa de profundidade (cm) em cada tratamento	21

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Interação profundidade × cobertura do solo.....	19
Figura 2 – Valores das perdas de solo para, solo descoberto, cultivo do pessegueiro e pastagem natural	23
Figura 3 – Teores de umidade no solo, para área coberta com pessegueiro, pastagem natural e área descoberta.....	27

SUMÁRIO

1-INTRODUÇÃO.....	1
2- REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 Erosão Hídrica.....	2
2.2- Erosividade da chuva	4
2.3- Fatores que predispõe um solo a erosão	5
2.4- Cobertura vegetal.....	7
2.5- Sistemas de preparo do solo.....	10
2.6- Perdas de solo em pastagens	11
3- MATERIAIS E MÉTODOS.....	13
3.1 Avaliação das perdas de solo por erosão hídrica	14
3.2 Determinação da densidade.....	15
3.3 Avaliação da compactação do solo	16
3.4 Determinação da umidade.....	17
4- RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
5- CONCLUSÃO.....	28
6- REFERÊNCIAS	29

RESUMO

O município de São João del-Rei está inserido em uma importante cadeia produtiva da mesor região do Campo das Vertentes. Porém, devido ao manejo inapropriado do solo e a susceptibilidade do mesmo a erosão, há uma grande incidência de voçorocas nesta região. Este estudo, objetivou-se quantificar as perdas de solo por erosão hídrica em Latossolo vermelho amarelo sob diferentes cultivos e também, analisar a resistência mecânica do solo à penetração. O experimento foi composto de (3) três tratamentos e (3) três repetições. Sendo os tratamentos: solo descoberto (SD), pastagem natural (PN) composta predominantemente por *Brachiaria decumbens*, e cultivo de pessegueiros (CP) *Prunus persica* da cultivar BRS Kanpai. A área experimental foi de 56 m² no cultivo de pessegueiro e 30 m² para as demais parcelas. Para avaliação das perdas de solo foi utilizado o método de alteração de superfície do solo, utilizando-se pinos metálicos de 0,4 m, cravados no solo até atingirem 0,2 m de profundidade, distando 1 m entre si. A resistência mecânica do solo à penetração vertical, foi avaliada utilizando-se o penetrômetro de impacto, modelo IAA/PLANALSUCAR-STOLF de 4 quilogramas. Os resultados de perdas para PN, CP e SD, obtidos neste estudo, foram de 18,95, 33,27 e 100,26 Mg.ha⁻¹ano⁻¹, respectivamente. As perdas de solo por erosão hídrica para todas as áreas estudadas, estão acima do índice de tolerância para classe dos Latossolo, que é de 12 Mg.ha⁻¹ano⁻¹ (Embrapa 2013). As camadas do solo de 5 a 25 cm, encontram-se com maior índice de resistência à penetração. De modo geral, os valores de resistência à penetração para todas as áreas estudadas, estão acima do limite, que é de 2 MPa, podendo prejudicar o desenvolvimento radicular das culturas e aumentar a erosão hídrica.

Palavras chave: compactação, cultivo convencional, latossolo, erosão do solo

ABSTRACT

The municipality of São João del-Rei is part of an important productive chain in the region of Campo das Vertentes. However, due to the inappropriate management of the soil and its susceptibility to erosion, there is a high incidence of gullies in this region. The objective of this study was to quantify the soil losses due to water erosion in Yellow Red Latosol under different crops and to analyze the mechanical resistance of the soil to penetration. The experiment was composed of (3) three treatments and (3) three replicates. The treatments were: uncovered soil (SD), natural pasture (PN) composed predominantly of *Brachiaria decumbens*, and cultivation of peach trees (CP) *Prunus persica* of cultivar BRS Kanpai. The experimental area was 56 m² in the peach tree crop and 30 m² in the other plots. In order to evaluate soil losses, the soil surface alteration method was used, using metal pins of 0.4 m, driven into the soil until they reached 0.2 m depth, 1 m apart. The mechanical resistance of the soil to vertical penetration was evaluated using the 4 kilograms IAA / PLANALSUCAR-STOLF impact penetrometer. The results of losses for PN, CP and SD obtained in this study were 18.95, 33.27 and 100.26 Mg.ha⁻¹ano⁻¹, respectively. Soil losses due to water erosion for all studied areas are above the tolerance index for the Oxisol class, which is 12 Mg.ha⁻¹ano⁻¹ (Embrapa 2013). The layers of the soil of 5 to 25 cm, are with greater index of resistance to the penetration. In general, the penetration resistance values for all the studied areas are above the limit, which is 2 MPa, which may impair the root development of crops and increase water erosion.

Keywords: compaction, conventional cultivation, latosol, soil erosion

1-INTRODUÇÃO

A agropecuária brasileira representa 8% do PIB no Brasil, gerando emprego para 10% da população. Em Minas Gerais a agricultura se destaca pela sua produção diversificada, ocupando a quarta posição na produção agrícola nacional, avaliada em 26 bilhões de reais, o estado se destaca na produção de café, cana-de-açúcar, fruticultura e feijão (IBGE, 2014).

O município de São João del-Rei (MG) caracteriza-se por pequenas propriedades, cujas principais atividades são o cultivo de culturas anuais como milho e feijão, aliadas à pecuária leiteira, atividades essas normalmente pouco remuneradoras. Porém, na região há uma grande incidência de voçorocas, devido ao manejo inadequado do solo e a susceptibilidade do mesmo a erosão hídrica. De acordo com Oliveira et al., (2010) e Cândido et. al. (2014), a erosão hídrica causa uma série de problemas ambientais como o assoreamento de rios e reservatórios e desaparecimento de mananciais. Grande parte dessas voçorocas são decorrentes da mineração do ouro no século XVII. E o problema persiste nos dias de hoje, tendendo a agravar cada vez mais, já que uma das técnicas de renovação de pastagens na região, se baseia na utilização do fogo, eliminando a vegetação e a matéria orgânica, que conferem proteção ao solo, e assim favorecendo a degradação do mesmo. Soma-se a isso, o fato da região ser ocupada em larga extensão pelos solos da classe dos Cambissolos. Estes tipos de solos, se não manejados adequadamente são mais vulneráveis aos processos erosivos, por isso, precisam de planos de manejo mais conservacionistas.

Assim, os produtores dessa região, necessitam de uma alternativa que possibilite não só o aumento de sua renda, mas que também possam ser criadas novas oportunidades de trabalho para sua família. Uma das alternativas de renda para os

produtores da região seria a fruticultura, pois a região apresenta clima favorável ao desenvolvimento dessas culturas. Soma-se a este aspecto o fato da fruticultura utilizar culturas perenes que não necessitam do preparo de solo contínuo, como aração e gradagem, que se feitos de maneira inadequada podem aumentar a erosão hídrica e compactação do solo. No entanto avaliar a sustentabilidade ambiental da atividade da fruticultura é essencial. Sendo Assim, a determinação de perdas de solo por erosão hídrica em distintos sistemas de produção é de extrema importância, já que em cada região o manejo adotado deve ser diferente, pois as características do solo variam assim, como o regime de precipitação. Perante essa necessidade é importante adotar um método que seja de fácil aplicação e baixo custo. O método de avaliação de perdas de solo por alteração da superfície, descrito por Bono et al. (1996) e Santos et al. (1998), vem sendo utilizado com o objetivo de avaliar o processo de erosão do solo. Segundo Kearney et al. (2018), o método para determinação da erosão hídrica por meio da alteração de superfície utilizando os pinos apresenta baixo custo. Maiores detalhes sobre este método também podem ser encontradas nos trabalhos de Thomaz e Antoneli (2008) e Paula et al., (2013). Segundo estes autores, esta metodologia apresenta resultados similares ao método de parcela padrão, que possui um custo mais elevado de implantação e exige maior tempo de dedicação para análise dos dados. Sendo assim este estudo objetivou estimar as perdas de solo por erosão hídrica em três situações: cultivo do pessegueiro, pastagem natural e solo descoberto.

2- REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Erosão Hídrica

Segundo Mahilum (2004) e Morgan (2005), a erosão hídrica é um processo natural e constante de remoção, transporte e deposição de sedimentos do solo, de um

relevo mais alto para um local mais baixo, por meio de agentes de intemperismo como vento e água. Os processos erosivos no meio ambiente ocorrem naturalmente, de forma gradual e lenta, causando no decorrer dos anos mudanças no relevo e na vegetação, podendo prejudicar o meio ambiente (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990). O carreamento de solo pela água é um processo que pode ser influenciado pela duração da chuva, intensidade, volume, classe de solo, capacidade de saturação, declividade e cobertura vegetal. Todo esse processo se inicia através do impacto da gota de chuva sobre o solo, continuando com a turbulência da água e o escoamento superficial, ou seja, a erosão hídrica é um processo que passa por três etapas, quando as gotas de chuva atingem o solo há o desprendimento das partículas e quebra de agregados, o material desprendido é carregado pela enxurrada e depositado em um relevo mais baixo, causando perda da camada arável do solo, assoreamento de rios e desaparecimento de mananciais (DOMINGOS, 2006). Na maioria dos casos, as perdas de solo causadas pela erosão hídrica reduzem a espessura do solo, diminuindo a capacidade de retenção e redistribuição da água no perfil, gerando como consequência, maiores escoamentos superficial e, por vezes, maiores taxas de erosão do solo (SANTOS, et al., 2010).

A erosão hídrica é identificada como a principal causa do empobrecimento do solo agrícola, no qual o material solto, rico em nutrientes e matéria orgânica, é removido do local e depositado nas depressões no interior das vertentes e no fundo dos vales, tendo como resultado o assoreamento e eutrofização de rios (PISSARRA et al., 2005). Dessa forma, a cadeia trófica dos ecossistemas aquáticos, também pode ser afetada pelo carreamento de insumos agrícolas (LONDRES 2011). A cobertura vegetal natural, é a ideal para proteger o solo da erosão hídrica, porém, devido ao manejo inadequado, em áreas agricultáveis, isto não tem acontecido como deveria, e cabe então ao gestor, atuar orientando sobre a forma menos agressiva, de se utilizar determinada

área para produção agrícola, de forma a dar sustentabilidade a produção, através da preservação da água e do solo (DOMINGOS, 2006).

Guerra et al. (2010), Bertol et al (2007), Cassol et al. (2002) e Hernani et al. (1999), também relatam problemas relacionados a erosão hídrica, como diminuição de fertilidade do solo, selamento superficial, aumento da adubação, redução da qualidade vegetal, deterioração da estrutura do solo, formação de ravinas e voçorocas, declínio da produção agrícola e conseqüentemente redução dos lucros.

2.2- Erosividade da chuva

Erosividade é a capacidade potencial da chuva em causar erosão (HUDSON, 1995), sendo variável de uma região para outra, pois, a mesma depende do clima, que por sua vez interfere em variáveis como intensidade, total de precipitação, energia cinética e outros fatores, como a interferência pelos ventos (MORGAN et al., 2005). O produto da energia cinética pela intensidade das chuvas em 30 min é o melhor índice para estimar a erosividade, sendo utilizado na obtenção do fator R da Equação Universal de Perda de Solo – USLE segundo (WISCHMEIER & SMITH 1958).

Conhecer a erosividade e sua variabilidade espacial subsidia a tomada de decisão, sobre qual a melhor estratégia de uso e manejo de solo para dada região ou gleba com suas particularidades de solo e topografia, bem como de adoção de práticas conservacionistas de suporte, como cultivo em nível e terraceamento, para que perdas de solo por erosão sejam mínimas (COGO et al., 2003; HICKMANN et al., 2008). Sendo assim, se torna de grande importância a estimativa da erosividade mensal e anual, por ser a erosividade um dos fatores mais importante, envolvido na erosão hídrica (MARTINS et al., 2010).

O Brasil apresenta amplitude de erosividade de 5.000 a 12.000 Mg.ha⁻¹ano⁻¹ (COGO et al. 1998). Segundo Waltrick, et al. (2015), as regiões mais críticas em termos de erosividade média anual das chuvas no estado do Paraná são a sudoeste, oeste e litoral e os meses de maior erosividade média mensal são: janeiro, maio e outubro. Freitas et al. (2014), avaliou a erosividade das chuvas e tempo de recorrência para o município de Lavras/MG e foi constatado que as erosividades anuais, para todos os tempos de recorrência avaliados foram consideradas muito altas e os valores das erosividades mensais, para os meses de outubro a março, também foram considerados críticos, apenas o mês de junho não apresentou erosividade considerada crítica, para nenhum tempo de recorrência. Segundo Mello et al. (2013), a definição dos valores de erosividade possibilita apontar os períodos do ano nos quais o risco de erosão é mais crítico, o que é importante no planejamento do uso da terra. O alto índice de erosividade pode degradar os solos reduzindo a sua capacidade produtiva, por isso ele pode ser usado para subsidiar políticas públicas permitindo a alocação de recursos financeiros para a conservação do solo, prioritariamente a regiões mais críticas (OLIVEIRA et al., 2011; RODRIGUES et al., 2011).

2.3- Fatores que predispõe um solo a erosão

As formas do relevo, declividade do terreno, regularidade e extensão do declive têm influência direta na intensidade da erosão (FARIA et al. 2003). As perdas também são variáveis conforme a classe do solo, teor de matéria orgânica, densidade, estrutura e textura, permeabilidade e profundidade (EMBRAPA, 2006). Faria et al (2003), ainda

acresce que, em função de suas propriedades físicas¹, os solos serão mais ou menos susceptíveis a erosão.

Conforme Corrêa (2016), a textura do solo também é um fator relevante na erodibilidade, visto que as partículas de distintos diâmetros se comportam de formas diferentes no processo de destacamento pelas gotas de chuva e carreamento pelo escoamento superficial. As partículas como silte e areia fina são consideradas as mais vulneráveis à desagregação e ao carreamento pela enxurrada.

Lombardi Neto & Bertoni (1975), constataram valores de de 9,6 a 15,0 e 4,5 e 13,4 Mg.ha⁻¹ano⁻¹ de perdas para solos de São Paulo, com horizontes B latossólico e B textural, de modo respectivo. Oliveira et al. (2008) avaliaram a tolerância de perdas para distintas classes de solos do estado da Paraíba e verificaram uma amplitude de 5,2 a 12,3 Mg.ha⁻¹ano⁻¹, para Neossolos e Latossolos, respectivamente. Candido et al, (2015) também avaliaram tolerância de perda para solos sob plantio florestal de eucalipto no Mato Grosso do Sul e observaram valores de 11 Mg.ha⁻¹ano⁻¹ para o latossolo vermelho distrófico espessarênico e latossolo vermelho-amarelo distrófico espessarênico, 9 Mg.ha⁻¹ano⁻¹ para o latossolo vermelho distrófico típico, 6 Mg.ha⁻¹ano⁻¹ para o argissolo vermelho-amarelo e 1Mg.ha⁻¹ano⁻¹ para o neossolo quartzarênico órtico.

A compactação, propicia modificações nas propriedades físicas dos solos, como a redução da porosidade e aumento de densidade (RIBEIRO et al., 2010), dessa forma há a redução do volume de água absorvida pelo solo, acréscimo do escoamento superficial e em consequência maior erosão do solo.

Após estudarem 88 perfis de solos no estado do Pernambuco, Galindo & Margolis (1989), constataram que solos com horizonte B Latossólicos, são mais

¹ absorção d'água, permeabilidade, porosidade, etc.

resistentes ao processo erosivo, por apresentarem um horizonte mais bem drenado com menor relação textural, poroso e espesso. Ao mesmo tempo, que solos com horizonte B textural, como os Argissolos, estão em fase intermediária de resistência, por expressarem mudança abrupta de permeabilidade no horizonte B, o que atrapalha a drenagem e facilita o escoamento superficial.

Nunes et al, (2012) estimaram a tolerância a perdas de solo por erosão, para as principais ordens de solo, na região sul do Amazonas e os argissolos foram os solos menos tolerantes a perdas, os mais tolerantes foram os Cambissolos, Gleissolos, e Latossolos.

A modelagem das perdas de solo, possibilita o conhecimento das áreas com maior expressividade de erosão e a comparação com o limite da Tolerância de Perda de Solo (TPS). A TPS representa a perda de solo máxima aceitável, para manter a capacidade produtiva do solo, e no Brasil é calculada, principalmente, pelo método 7222 DOI - 10.20396/sbgfa.v1i2017.1915 - ISBN 978-85-85369-16-3 de Bertol e Almeida (2000).

2.4- Cobertura vegetal

A cobertura vegetal, exerce papel significativo sobre a proteção do solo, contra a erosão hídrica, fornecendo proteção natural contra os efeitos negativos que a erosão promove no terreno(AMARAL et al. 2008). Conforme Corrêia (2016), essa proteção reduz a força de impacto das gotas da chuva na superfície, fazendo com que as mesmas se dividam em várias gotículas. Gyssels et al. (2005), ressaltam que, as perdas do solo diminuem exponencialmente com o aumento da cobertura vegetal. São inúmeras as vantagens dos sistemas de cultivo, as quais adotam práticas que, proporcionam maior

cobertura vegetal. Por outro lado, as áreas com preparo convencional do solo, e desprovidas de cobertura vegetal em superfície são mais suscetíveis à erosão hídrica, pois, este sistema favorece a formação do selamento superficial, caracterizado por constituir uma fina camada de partículas com uma organização e adensamento que dificultam a infiltração da água no perfil do solo (PANACHUKI et al., 2011).

Segundo Zolin et al (2016), a cobertura vegetal e as práticas conservacionistas podem ser ajustados, e contribuir para a redução da erosão hídrica em sistemas agrícolas. Uma prática de cultivo que pode ser considerada conservacionista é o sistema de interação lavoura pecuária e o plantio direto. Conforme mencionado por Cogo et al. (2003), a manutenção de resíduos culturais como palhas e raízes secas de culturas anteriores, proporciona uma série de benefícios a conservação de solo. Segundo Amaral et al (2008), o resíduo das culturas, dissipa a energia cinética das gotas da chuva, evitando ou minimizando a desagregação inicial do solo, e serve como, barreira física à ação cisalhante e de transporte da enxurrada.

Em sistemas com plantio direto, com pouco ou nenhum revolvimento do solo, e que mantenham cobertura vegetal sobre a superfície, propicia a formação de agregados maiores e mais estáveis e conseqüentemente maior macroporosidade (SOUZA et al., 2005), proporcionando aumento da resistência do solo à erosão. A cobertura vegetal promove o aumento da capacidade de infiltração da água através da decomposição das raízes, as quais promovem a formação de canaliculos no solo. Por meio da adição de matéria orgânica e de húmus, tem-se o melhoramento da retenção da água no solo e da estabilidade dos agregados, aumento da estrutura e porosidade, e menor susceptibilidade do solo à erosão (FEITOSA, 2006). Segundo Corrêa (2016), a presença de obstáculos

existentes na superfície, oriundos da cobertura vegetal², ainda promovem a dissipação da energia cinética da gota de chuva.

A partir de pesquisa realizada no município de Sinop (MT), Zolin et al (2016), demonstraram que, o sistema de integração lavoura-floresta,³ apresenta menores perdas de água e solo, e possui elevado potencial em minimizar a erosão hídrica do solo. Almeida et al (2016), também mostra que, a adoção de sistemas de cultivo que não revolvam o solo e a elevada cobertura vegetal promovem a redução da erosão do solo, por outro lado, a redução do índice de cobertura vegetal, associada ao revolvimento do solo, acelera a desagregação de suas partículas pela ação de chuvas. Castro Filho et al. (1998), verificaram que as inserções de resíduos culturais conferem maior estabilidade aos agregados na profundidade de 0 – 10 cm, o que aumenta a resistência à erosão.

Muitos outros trabalhos realizados, mostram a importância da cobertura vegetal na conservação do solo. A cobertura vegetal, também tem sido destacada como fator de melhoria das condições físico-químicas dos solos (RUIZ-COLMENERO et al., 2013).

Conforme Panagos et al. (2015), para a recuperação de solos degradados devem ser inseridas vegetações de porte baixo (<50cm), com rede de raízes em padrão uniforme, visando impedir a formação de concentrações de água e de sulcos subsuperficiais. Tais vegetações devem apresentar rápido crescimento, possuir altura máxima coincidente com os períodos de maiores índices pluviométricos e produção de grandes quantidades de serrapilheira.

² Cobertura vegetal: porte arbóreo, gramínea e matéria orgânica.

³ No sistema de integração lavoura-pecuária, o produtor concilia a pecuária bovina e a produção de grãos

2.5- Sistemas de preparo do solo

Conforme Panachuki et al. (2011), as operações de preparo do solo influenciam diretamente a erosão hídrica das áreas cultivadas, alterando o microrrelevo e a cobertura por resíduos vegetais e promovendo a exposição da superfície do solo à ação da chuva e da enxurrada. De acordo com Marchão et al. (2007), a escolha inadequada e o uso indiscriminado de diversos tipos de preparo do solo, alteram a qualidade física dos solos e, conseqüentemente, a manutenção da produtividade do sistema.

Conforme Bertol et al. (2001), os diferentes tipos de manejo e de cultivo do solo alteram as propriedades físicas e podem manifestar-se de várias maneiras, influenciando no crescimento e desenvolvimento das plantas. Assim, o solo cultivado tende, com o tempo, a ter a estrutura original alterada pelo fracionamento dos agregados em unidades menores, com conseqüente redução no volume de macroporos, e aumento no volume de microporos, e na densidade do solo. Em decorrência disso, observou-se diminuição na taxa de infiltração de água no solo, com conseqüente aumento das taxas de escoamento superficial (PANACHUKI et al. 2011). Diversos tipos de preparo do solo são empregados nos sistemas que integram agricultura e pecuária, como os do tipo conservacionistas, que causam pouca mobilização no solo e mantêm grande parte dos resíduos da cultura anterior como estratégia para conservação de solo e água, obtendo alta produtividade (ARAÚJO et al., 2004).

Segundo Carneiro et al, (2009), o impacto dos sistemas de preparo e manejo dos solos são avaliados por meio de medidas de propriedades físicas, como a densidade e a porosidade do solo, já a distribuição dos agregados em classes de tamanho ou sua estabilidade em água (CASTRO FILHO et al., 1998) e a resistência do solo à penetração (TAVARES FILHO & RIBON, 2008).

Beutler et al. (2003), avaliaram diferentes sistemas de preparo de solo, e concluíram que, a semeadura direta, tanto envolvendo rotação de culturas no inverno e verão, quanto envolvendo rotação de preparos é mais eficaz no controle das perdas de solo e de água, do que, o preparo convencional, com grade aradora, cultivo mínimo com escarificador e rotação de ferramentas de preparos da semeadura direta.

Segundo Amaral et al., (2008), os solos arados e/ou gradeado com mecanização tratorizada apresentam alta susceptibilidade à ação erosiva, durante as chuvas de outubro a março, em regiões de clima tropical, por não apresentarem cobertura vegetal e possuírem alta compactação, favorecendo assim, um aumento de escoamento superficial.

Panachuki et al. (2011), avaliaram perdas de solo, de água e infiltração, em latossolo vermelho, sob diferentes sistemas de manejo, e observaram que, os solos preparados com grade aradora, tiveram maiores perdas de solo e de água, que os preparados com escarificador.

Compreender e quantificar o impacto do manejo do solo na sua qualidade física é fundamental para o desenvolvimento e seleção de sistemas agrícolas sustentáveis.

2.6- Perdas de solo em pastagens

A produção pecuária é de extrema importância econômica para o Brasil, e grande dessa produção ocorre em sistemas a pasto. Pastagens estas, que na grande maioria não passa pelos devidos tratamentos culturais, tornando-se cada vez mais degradadas.

O manejo utilizado no sistema de produção extensiva, na maioria das vezes, não obedece a taxa de lotação e o ciclo de desenvolvimento das plantas forrageiras. Com o

passar do tempo, a pastagem não consegue manter o seu potencial de produção forrageiro, devido ao grande consumo dos animais, compactação do solo, falta de reposição de nutrientes, perda de matéria orgânica e acidificação do solo, consequentemente, isso faz com que se inicie o processo de erosão hídrica (MARTINS et al. 2010).

Segundo Cassol et al. (2002), os períodos mais críticos, que tornam o solo mais susceptível a as chuvas erosivas, é após os pastejos e durante a época de semeadura, podendo causar grandes perdas de nutrientes, água e solo, cuja amplitude depende das condições de superfície, resultantes das operações de preparo do solo e semeadura das espécies forrageiras utilizadas. Segundo Moreira et al. (2005), tem sido relatadas perdas de solo em torno de $17 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, dependendo do índice de cobertura do solo e da taxa de degradação das pastagens.

Vários autores têm utilizado o método de avaliação de perdas por alteração da superfície ou pinos, com a finalidade de quantificar as perdas de solo, principalmente em pastagens, degradadas ou em estado de degradação, cultivadas com gramíneas africanas. Santos et al., (1998) e Bono et al., (1996), avaliaram a influência dos diferentes tipos de preparo e cobertura nas perdas anuais de solo, numa área de Cambissolo haplico, situado na região centro-sul de Minas Gerais e as perdas variaram de 3,4 a $151,2 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ e 24,4 a $39,7 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, respectivamente.

Rios (2013) e Silva et al. (2017), avaliaram perdas de solo em pastagem natural, no município de São João Del Rei, para classe cambissolo e encontraram valores de 8,49 e $9,8 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, respectivamente.

A degradação das pastagens se dá pela modificação das propriedades físicas e químicas, que envolve alteração do teor de matéria orgânica, nutrientes e perdas de

sedimentos (SCHAEF et al., 2002), logo, a implantação de forrageiras e boas práticas de manejo como, escarificação, calagem e adubação, contribuem para o aumento de matéria orgânica no solo (BONO et al, 1996) e (SANTOS et al., 1998).

3- MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo Experimental Risoleta Neves, utilizada pelo convênio da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ) e Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), localizado no Campus Tancredo de Almeida Neves (CTAN) da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), no município de São João del-Rei, (MG), no período de agosto de 2017 a maio de 2018. Foram realizadas 40 medições no total, sendo realizada uma medição por semana.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen⁴, é do tipo Cwb, com inverno seco e verão úmido. A precipitação total anual é em torno de 1.400 mm e concentra-se no período de outubro a abril. A temperatura média anual é de cerca de 19°C. O experimento foi composto de três (3) tratamentos e três (3) repetições. Sendo os tratamentos solo descoberto (SD), pastagem natural (PN) composta predominantemente por *Brachiaria decumbens*, e cultivo de pessegueiro (CP) *Prunus persica* da cultivar BRS Kanpai. A área experimental foi de 56 m² no cultivo de pessegueiro e 30 m² para cada uma das demais parcelas. A área de pastagem natural (PN) e solo descoberto (SD) foram instaladas meses antes do experimento. A área de solo descoberto (SD) passou por aração e gradagem, a fim de, destorroar e nivelar a superfície. A mesma foi mantida sem qualquer tipo de vegetação e sempre que necessário era capinada manualmente, para evitar interferências na coleta de dados. Já a

⁴ Sistema de classificação climática

área de pastagem natural (PN) não passou por nenhum método de revolvimento do solo como aração e gradagem na época, tendo sido feito apenas uma roçada, antes da implantação do experimento.

A cultura do pessegueiro foi instalada em dezembro de 2014 e faz parte de um convênio firmado entre a EPAMIG e a EMBRAPA - Clima Temperado, com sede em Pelotas/RS. Para instalação da cultura, foi feita uma mobilização total da área. Foi realizado subsolagem com hastes de 80 cm de profundidade, para quebrar as camadas compactadas, visto que, a área foi utilizada como pastagens por muitos anos. A área foi arada a 50 cm de profundidade e depois gradeada, por duas vezes, para um bom destronamento e nivelamento do solo. Em seguida, foram abertos os sulcos, já no espaçamento preconizado para a cultura do pessegueiro, conduzido em “Y”, que é de 6 metros entre linhas e 1,5 entre plantas na linha de plantio. A adubação foi feita no sulco, colocando-se 1 kg de Superfosfato simples, mais 15 litros de esterco de curral bem curtido e 200 gramas de calcário por metro linear de sulco. Todo esse preparo da área foi feito com dois meses de antecedência ao plantio das mudas.

O solo predominante na área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho - Amarelo, conforme Sistema Brasileiro de Classificação de Solo EMBRAPA (2013), e apresenta declividade média de 4%.

3.1 Avaliação das perdas de solo por erosão hídrica

Para avaliação das perdas de solo por erosão hídrica foi utilizado o método de alteração de superfície do solo, utilizando-se pino metálicos, cravado no solo, de acordo com metodologia descrita por Santos et al (1998), e Bono et al. (1996). Os pinos, hastes metálicas de 0,4 m de comprimento, foram cravados no solo até atingirem 0,2 m de profundidade. Todos os pinos foram calibrados à mesma profundidade e medidos

semanalmente com régua milimetrada nos meses de agosto a maio, (período com maior incidência de chuvas na região). No total foram 40 medições durante todo o período experimental.

Nas avaliações, foi considerado 0,2 m como superfície de referência, sendo valores acima interpretados como arraste de solo e abaixo deposição de sedimentos. Os pinos foram instalados a 1 m de distância entre si, formando uma malha. As perdas de solo foram estimadas pela seguinte equação:

$$P = h \cdot A \cdot Ds$$

Sendo:

P = perdas de solo, em $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$;

h = media de alteração de nível de superfície do solo, medida nos pinos, em m;

A = área considerada.

Ds = densidade do solo.

3.2 Determinação da densidade

Para determinação da densidade do solo foram coletadas amostras na área experimental, a uma profundidade de 0 - 10 cm, utilizando um anel volumétrico de circunferência cortante e com 50 cm^3 de volume. O volume das amostras foi anotado no anel e posteriormente levadas ao Laboratório Bromatológico do Departamento de Zootecnia da UFSJ. O conjunto de anel mais amostras foi pesado e colocado na estufa de 105°C por aproximadamente 24 horas, depois foram deixadas em temperatura ambiente para estabilização e pesadas novamente. De acordo com a metodologia

preconizada por Black & Hartge (1986), Archer & Smith (1972); Miller (1966); Oliveira (1961); Uhland (1949). Foi utilizada a seguinte equação:

$$\text{Densidade aparente (g /cm}^3\text{)} = a / b$$

Sendo;

a = peso da amostra seca a 105°C (g)

b = volume do anel ou cilindro (cm³).

3.3 Avaliação da compactação do solo

Além das perdas e densidade de solo, foram avaliados aspectos relacionados à compactação do solo. Entre os meses de março à abril de 2018, foi avaliada resistência mecânica do solo à penetração vertical, utilizando-se o penetrômetro de impacto modelo IAA/PLANALSUCAR-STOLF de 4 quilogramas, segundo metodologia preconizada por Stolf et al. (1983). O penetrômetro de impacto Stolf é um aparelho de medida da resistência do solo, do tipo dinâmico, cuja penetração ocorre por impacto. Os testes de resistência à penetração foram realizados a campo, em todos os tratamentos, para a profundidade de 0 a 60 cm. A transformação da penetração da haste do aparelho no solo (cm/impacto), em resistência à penetração, foi obtida através do método de STOLF (1991). Essa transformação é obtida por meio do programa computacional *Penetron* (STOLF, 1991), cujos valores foram obtidos em kgf.cm⁻² e multiplicados pela constante 0,098, para conversão em unidades MPa. Foi utilizado para análise da resistência do solo, a penetração vertical, um delineamento experimental inteiramente casualizado, com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 3x12, correspondente a três coberturas de solo e doze profundidades, totalizando 36 tratamentos. As coberturas de solo foram: solo descoberto (SD), pastagem natural (PN) e cultivo de pessegueiros. As

profundidades amostradas foram: 0 - 5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25, 25-30, 30-35, 35-40, 40-45, 45-50, 50-55 e 55-60 cm.

Descritos segundo o modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{ijk}$$

Em que:

Y_{ijk} - valor observado para a variável em estudo referente a k-ésima repetição da combinação do i-ésimo nível do fator A com o j-ésimo nível do fator B;

μ - média de todas as unidades experimentais para a variável em estudo;

α_i - efeito do i-ésimo nível do fator A no valor observado Y_{ijk} ;

β_j - efeito do j-ésimo nível do fator B no valor observado Y_{ijk} ;

$(\alpha\beta)_{ij}$ - efeito da interação do i-ésimo nível do fator A com o j-ésimo nível do fator B;

e_{ij} - erro experimental associado à observação Y_{ijk} .

A análise estatística foi feita utilizando o software R Core Team (2018). Os resultados foram submetidos à análise de variância, com a posterior aplicação do Teste Tukey a 5% de significância para a comparação de médias.

3.4 Determinação da umidade

Para determinação de umidade foram coletadas a campo, três amostra de cada tratamento, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, nos mesmos dias das amostragens de resistência a penetração. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos específicos e vedadas, a fim de, evitar perdas de

umidade. Em seguida, foram levadas ao Laboratório Bromatológico do Departamento de Zootecnia da UFSJ, para a realização do método de umidade gravimétrico. Foi utilizada balança analítica de precisão para pesagem das amostras de solo antes e depois de serem colocadas na estufa, a 105°C por aproximadamente 24 horas. Após serem retiradas da estufa, foram colocadas imediatamente em um dessecador para estabilizar a temperatura das amostras, de acordo com EMBRAPA (2009). A partir dos dados gerados e a equação abaixo, determinou-se a porcentagem de umidade das amostras:

$$Ug = \frac{Mu - Ms}{Ms}$$

Sendo:

Ug = umidade gravimétrica ($kg\ kg^{-1}$);

Mu = massa de solo úmida (kg) e

Ms = massa do solo seco (kg).

4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para avaliação da compactação foi realizada a análise de variância para a variável resistência a penetração, conforme delineamento experimental inteiramente casualizado com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 3x12, correspondente a três coberturas de solo e doze profundidades, totalizando 36 tratamentos. Considerando os fatores da cobertura do solo sendo elas: solo descoberto (SD), pastagem natural (PN), cultivo de pessegueiro (CP) e as profundidades de solo. Pelos resultados da análise de variância foi observado que ha interação entre as Coberturas do solo e a Profundidade, o que pode ser observado na Figura 1.

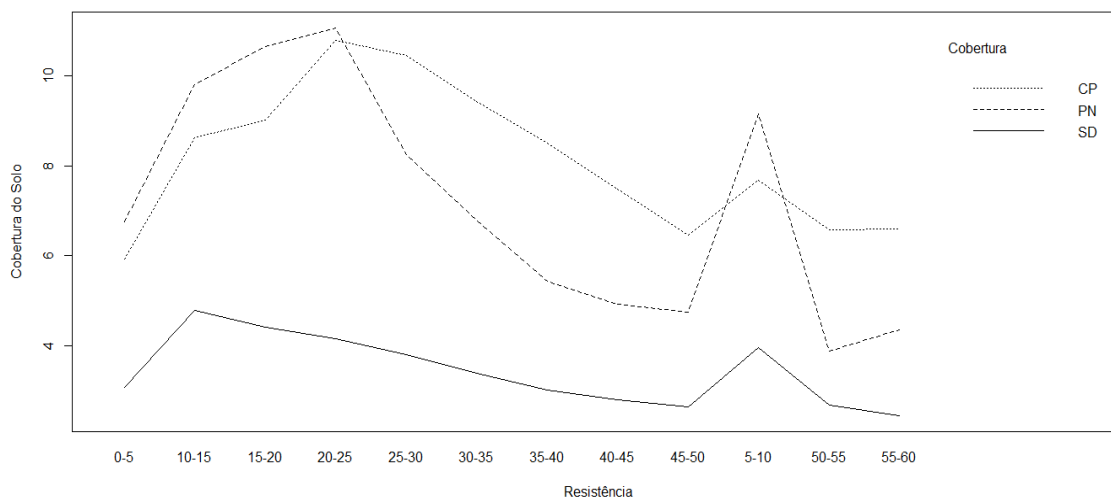


Figura 1 – Interação profundidade × cobertura do solo

Uma vez que ha interação entre as coberturas do solo e as profundidades, conclui-se que os efeitos principais ficaram prejudicados. Isso porque há dependência entre os efeitos dos fatores estudados. Logo, deve-se proceder ao desdobramento da interação Cobertura do solo × Profundidade, existem duas possibilidades para o seu desdobramento: estudar o comportamento das profundidades dentro de cada Cobertura do solo ou estudar o comportamento das Coberturas do solo dentro de cada profundidade.

Inicialmente, foi realizado o estudo do comportamento das profundidades dentro de cada cobertura de solo. Através da análise de variância para o desdobramento, pôde-se observar que, as profundidades apresentaram efeito significativo ($p < 0,05$), sobre as áreas cobertas com pêssigo e com pastagem natural. Para a área com solo descoberto, o grau de compactação pode ser considerado estatisticamente igual em todas as profundidades. As duas áreas que apresentaram diferenças, foi aplicado o teste de Tukey a 5% de significância, para verificar quais as médias do fator Profundidade,

diferiam-se estatisticamente, dentro de cada nível de Cobertura de solo, os resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Análises estatísticas das pressões médias (MPa) exigidas para cada faixa de profundidade (cm) em cada tratamento

Profundidade	Cultivo de Pêssego	Pastagem Nativa	Solo descoberto	Média
0 – 5	5,94b	6,76bc	3,09	5,22
5 – 10	7,68ab	9,15 ^a	3,97	6,88
10 – 15	8,63ab	9,81 ^a	4,80	7,68
15 – 20	9,02ab	10,65 ^a	4,42	7,96
20 – 25	10,78 ^a	11,06 ^a	4,16	8,52
25 – 30	10,45 ^a	8,24ab	3,81	7,29
30 – 35	9,42ab	6,79bc	3,39	6,33
35 – 40	8,51ab	5,44bc	3,02	5,45
40 – 45	7,49ab	4,93bc	2,80	4,90
45 – 50	6,47ab	4,75bc	2,65	4,49
50 – 55	6,57ab	3,89c	2,69	4,23
55 – 60	6,60ab	4,37bc	2,46	4,32
Média	8,13	7,15	3,44	-

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre pelo Teste de Tukey a 5%

Considerando a área com cultivo de pêssego, as profundidades de 20 – 25 e 25 - 30 cm foram as que apresentaram maior grau de resistência a penetração, implicando que, ha maior resistência a penetração e a área mais superficial de 0 – 5 cm foi a que apresentou menor grau de resistência. Na área coberta, com pastagem natural, as profundidades entre 5 – 25 cm apresentaram maior resistência a penetração, sem se diferirem entre si. A profundidade de 50 – 55 cm foi a que apresentou a menor resistência. Rios et al., (2013), também avaliou resistência a penetração nos campos das vertentes MG, sob diferentes coberturas vegetais e a profundidade de 15 a 20 cm nas parcelas recobertas por pastagem natural e cana de açúcar, também apresentaram maior resistência a penetração.

Também foi realizada análise de variância, para o estudo do comportamento das coberturas de solo, dentro de cada profundidade, e pode-se observar que, o tipo de cobertura do solo têm efeitos significativos ($p < 0,05$) sobre todas as profundidades. Para detectar dentre os níveis de profundidade, quais pares de médias, do fator Sistema de Cultivo, encontram-se as diferenças acusadas pela análise de variância, foi realizado o teste de Tukey a 5% de significância, conforme tabela 2.

Tabela 2 – Análises estatísticas das pressões médias (MPa) exigidas para cada faixa de profundidade (cm) em cada tratamento

Profundidade	Cultivo de Pêssego	Pastagem Nativa	Solo descoberto	Média
0 – 5	5,94ab	6,76 ^a	3,09b	5,22
5 – 10	7,68ab	9,15 ^a	3,97b	6,88
10 – 15	8,63 ^a	9,81 ^a	4,80b	7,68
15 – 20	9,02 ^a	10,65 ^a	4,42b	7,96
20 – 25	10,78 ^a	11,06 ^a	4,16b	8,52
25 – 30	10,45 ^a	8,24 ^a	3,81b	7,29
30 – 35	9,42 ^a	6,79 ^a	3,39b	6,33
35 – 40	8,51 ^a	5,44b	3,02b	5,45
40 – 45	7,49 ^a	4,93ab	2,80b	4,90
45 – 50	6,47 ^a	4,75ab	2,65b	4,49
50 – 55	6,57 ^a	3,89ab	2,69b	4,23
55 – 60	6,60 ^a	4,37ab	2,46b	4,32
Média	8,13	7,15	3,44	-

*Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre pelo Teste de Tukey a 5%

Conforme tabela 2, pode-se observar que, na profundidade de 5 a 25 cm, as áreas cobertas com pastagem natural foram as que apresentaram em média, maior grau de compactação, seguidas pelas áreas cobertas por pêssego, mas não apresentaram diferenças estatísticas entre elas. Essa maior compactação se deve provavelmente ao fato de, que no passado a área foi utilizada como pastagem e sempre foi empregado sistema convencional, para renovação da mesma, sendo utilizado aração e gradagem. Devido a este manejo, pode ter ocorrido a formação do que chamamos de “pé-de-grade

ou pé-de-arado⁵” que também foi mencionado por Santos et al (2015), em seu trabalho, onde foi avaliado a compactação do solo sob diferentes culturas e mata nativa. O maior grau de compactação, também pode ser devido ao pisoteio de animais. Segundo Leão et al. (2004), o grau de compactação causado pelo pisoteio bovino é influenciado pela textura e umidade do solo, sistema de pastejo e altura de manejo da pastagem.

Todas as áreas estudadas, mesmo a de solo descoberto, onde o grau de compactação pode ser considerado estatisticamente igual em todas as profundidades, a camada de 0 a 5 cm foi a que apresentou menor resistência a penetração, quando comparada com as camadas de 5 a 25 cm, provavelmente porque todas as áreas passaram por gradagem recentemente.

Após 25 cm, as áreas cobertas com cultivo de pêssego foram as que apresentaram as maiores médias, seguidas pelas áreas cobertas com pastagem nativas, mas também não apresentaram diferença estatística. Exceto na profundidade 34 – 40 cm em que o maior grau de compactação foi para a área com cultivo de pêssego.

Em todas as profundidades avaliadas, o menor grau de compactação sempre esteve associado ao solo descoberto porém, os valores ainda são considerados altos.

De modo geral todas as parcelas apresentaram índices elevados de compactação do solo. De acordo com Hamza e Anderson (2005), solos com valores acima de 2 MPa, encontram-se em estágio inicial de compactação. Magalhaes et al. (2009), ressaltam que, solos com elevado índice de compactação proporcionam alterações nas camadas superficiais do solo, como a porosidade. Segundo Canarache (1990), valores acima de 2,5 MPa podem restringir o crescimento das raízes das plantas.

⁵ Camada subsuperficial do solo que se torna compacta devido ao uso inadequado de implementos agrícolas como o arado e a grade. A limitação do alcance da grade do arado proporciona valores mais elevados de compactação abaixo desse limite.

O nível de compactação apresentado pelas parcelas estudadas, em especial as recobertas por pessegueiros e pastagem natural, podem propiciar modificações nas propriedades físicas dos solos, com a redução da macroporosidade e aumento na densidade do solo (2010; RIBEIRO et al., 2010). Causando assim, redução da infiltração de água no solo, o aumento do escoamento superficial e conseqüentemente, o agravamento da erosão hídrica. Sendo assim, os elevados índices de compactação do solo podem ter contribuído de forma direta para que, os valores de perdas de solo por escoamento superficial fossem tão elevados, conforme figura 2.

Na figura 2, estão apresentados os valores de perdas de solo para as três parcelas avaliadas, sendo elas: solo descoberto, cultivo de pessegueiros e pastagem natural.

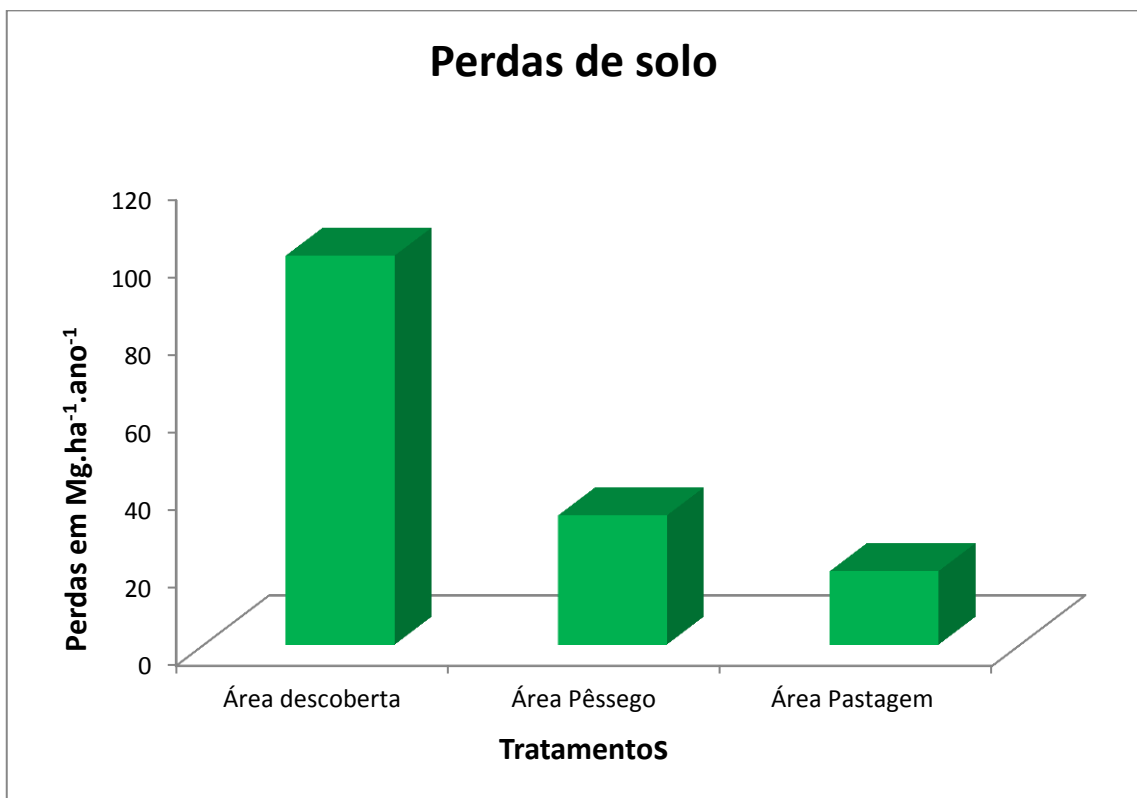


Figura 2 – Valores das perdas de solo para, solo descoberto, cultivo do pessegueiro e pastagem natural

O solo predominante na área experimental foi classificado segundo EMBRAPA (2013), como sendo da Classe do Latossolo Vermelho amarelo, a tolerância de perdas de solo para essa classe é de $12 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$. Na figura 2, pode ser observado os valores de perdas de solo para as três parcelas, pastagem natural, cultivo de pessegueiros e solo descoberto, eles abrangeram uma amplitude de 18,95 a $100,26 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, valores estes que, estão acima da tolerância, para essa classe. Silva et al. (2017) e Rios et al. (2013), avaliaram perdas de solo por alteração de superfície, em solo descoberto e pastagem natural no campo das vertentes, para a classe cambissolo e também obtiveram resultados acima dos toleráveis. Segundo Rios et al. (2013), as altas perdas de solo, podem estar relacionadas ao elevado índice de compactação do solo, o que também pode ser o caso da área estudada, conforme discutido no teste de resistência à penetração (Tabela 2).

As maiores perdas observadas foram para a parcela de solo descoberto, cerca de $100,26 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, provavelmente devido a condição do solo, que é desprovida de cobertura vegetal. O solo descoberto propicia salpicamento pelas gotas de chuva, remoção e arraste das partículas de solo, pelo escoamento superficial e deposição de sedimentos do solo, de um relevo mais alto para um local mais baixo, proporcionando a máxima perda. Segundo Domingos (2006), a cobertura vegetal nativa é a ideal para proteger o solo da erosão hídrica.

Para o cultivo dos pessegueiros foram observadas perdas de $33,27 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, o que representa 66,82% menos perdas de solo por erosão hídrica, quando comparado com solo descoberto. Porém, estas perdas ainda são consideradas altas para a classe de solo em estudo. A causa fundamental da erosão hídrica nas terras cultivadas é a ação da chuva diretamente no solo. Assim, a quantidade final de erosão em um dado local irá depender da combinação do poder da chuva de causar erosão no solo (erosividade) e da

capacidade do solo de resistir à ação da chuva (erodibilidade) (BAGATINI et al., 2011). Vários fatores podem interferir nesse processo, um deles é o tipo de cobertura do solo, que pode não proporcionar controle efetivo das perdas, o que pode ser o caso da área estudada.

A vegetação exerce importante papel na cobertura do solo, por minimizar o impacto das gotas da chuva (MARTINS FERREIRA et al., 2010; CÂNDIDO et al., 2014), além de proporcionar a melhoria ou a manutenção das características biológicas, químicas e físicas dos solos. Uma boa opção para a área estudada seria o uso da leguminosa amendoim forrageiro (*Arachis pintoii*), que além de aumentar a cobertura vegetal do solo, poderia também fixar nitrogênio. As leguminosas destacam-se por estabelecerem associações simbióticas com bactérias fixadoras de nitrogênio, o que proporciona um aporte de quantidades expressivas desse nutriente ao sistema solo-planta (PERIN et al., 2003). Além de, reduzir o impacto da gota de chuva direto no solo e propiciar a renovação da camada de matéria orgânica, que interfere na capacidade de troca catiônica, pH do solo, disponibilidade de nutrientes para o solo, retenção de umidade e infiltração para o solo. A redução do índice de cobertura vegetal, associada ao revolvimento do solo, acelera a desagregação de suas partículas pela ação de chuvas, (ALMEIDA et al, 2016).

Nascimento et al. (2017), avaliaram perdas de solo para a classe cambissolo no campo das vertentes, em cultura de pessegueiro solteiro, pastagem natural e pessegueiro com amendoim forrageiro, os valores de perdas estimados foram 75,03, 58,25 e 33,28 Mg.ha⁻¹ano⁻¹, respectivamente. Estes resultados, apontam que, o amendoim forrageiro é muito eficiente no controle da erosão hídrica, pois no tratamento onde ele se fazia presente, como cobertura vegetal, as perdas de solo foram bem menores que nas demais parcelas.

As perdas de solo para a pastagem natural, que é composta por *Brachiária decumbens*, também foram consideradas altas, porém menores que as demais parcelas. O valor estimado foi de 18,95 Mg.ha⁻¹ano⁻¹, o que representa 81,09 % a menos de perdas, quando comparado com solo descoberto, e 56,95%, quando comparado com o cultivo dos pessegueiros, isso provavelmente devido ao tipo de cobertura do solo, que além de apresentar crescimento decumbente proporcionando maior cobertura de solo, dispõe de sistema radicular do tipo fasciculado, o que possivelmente tenha conferido maior estabilidade de agregados e maior permeabilidade à água. Santos et al. (1998), Rios (2013) e Silva (2017) também avaliaram perdas de solo em pastagem natural em Cambissolos, utilizando a mesma metodologia e verificaram valores similares, na ordem de 22,4 Mg/ha-1 ano-1, 11,42 Mg/ha⁻¹ano⁻¹ e 9,88 Mg/ha⁻¹ano⁻¹, respectivamente.

Para todas as áreas estudadas, a densidade estimada foi de 1,4 g/cm³. Diversos autores tem relatado, que a densidade acima de 1,2 g/cm³ pode prejudicar o desenvolvimento radicular das plantas. No estudo em questão, não foi avaliado, mas com base nos valores de densidade observados para o solo em estudo, provavelmente o percentual de macroporos deste solo foi reduzido. Podendo assim, influenciar negativamente na permeabilidade de água no solo e conseqüentemente, aumentar o escoamento superficial. Como o escoamento superficial tem relação direta com a erosão hídrica, isso pode tem contribuído para o aumento das perdas de solo.

Na figura 3, são apresentados os valores de umidade gravimétrica, para as três parcelas, sendo elas: solo descoberto, cultivo de pessegueiro e pastagem natural.

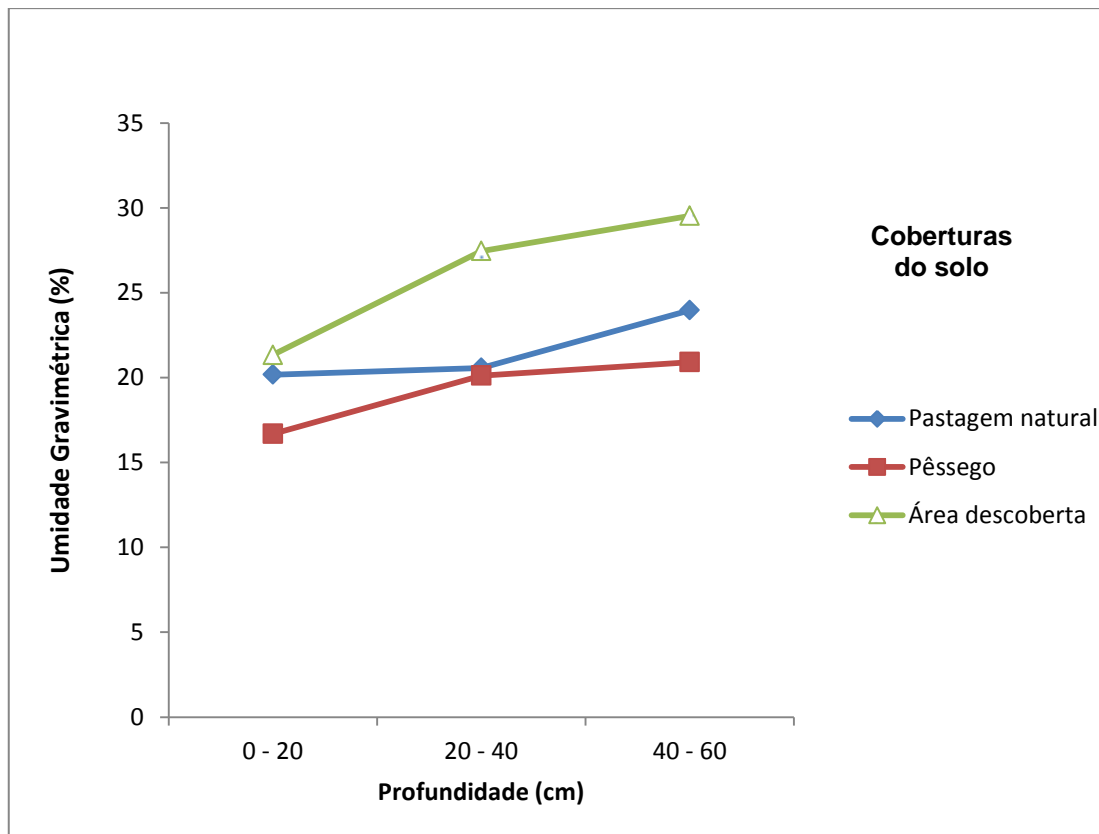


Figura 3 – Teores de umidade no solo, para área coberta com pessegueiro, pastagem natural e área descoberta

Para determinação da umidade das parcelas em estudo, foram coletadas amostras de solo na mesma data do teste de resistência à penetração. Conforme Santos et al., (2015), a umidade gravimétrica (UG), torna-se inversamente proporcional aos valores de resistência do solo à penetração, onde taxas elevadas de resistência podem relacionar-se com o baixo valor de umidade no solo, no dia da amostragem. Conforme figura 4, a parcela que apresentou menor teor de umidade foi a com cobertura de pessegueiro, seguida pela pastagem natural e área de solo descoberto. Sendo que todas parcelas apresentaram maior teor de umidade nas camadas mais profundas do solo.

5- CONCLUSÃO

As perdas de solo por erosão hídrica, para todas as áreas estudadas, estão acima do índice de tolerância para classe dos Latossolo. Sendo que, as maiores perdas observadas foram para solo descoberto, seguido pelo cultivo de pessegueiros e as menores para pastagem natural, demonstrando que a cobertura vegetal exerce um papel importantíssimo na proteção do solo.

Em todos os tratamentos, as camadas do solo de 5 a 25 cm, apresentaram maior índice de resistência a penetração. De modo geral, todas as áreas estudadas, estão com resistência a penetração acima do limite de tolerância, que é de 2MPa, podendo prejudicar o desenvolvimento radicular das culturas e aumentar a erosão hídrica.

6- REFERÊNCIAS

ALMEIDA, W. S., DE CARVALHO, D. F., PANACHUKI, E., VALIM, W. C., RODRIGUES, S. A., & VARELLA, C. A. A. Erosão hídrica em diferentes sistemas de cultivo e níveis de cobertura do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.51(9), p1110-1119, 2016.

AMARAL, A.J. do; BERTOL, I.; COGO, N.P.; BARBOSA, F.T. Redução da erosão hídrica em três sistemas de manejo do solo em um Cambissolo Húmico da região do Planalto Sul-Catarinense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, p.2145-2155, 2008.

ARAUJO, M.A.; TORMENA, C.A.; INOUE, T.T. & COSTA, A.C.S. Efeitos da escarificação na qualidade física de um Latossolo Vermelho distroférico após treze anos de semeadura direta. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:495-504, 2004.

ARCHER, J.R.; SMITH, P.D. The relation between bulk density, available water capacity and air capacity for soils. *Journal of Soil Science, Oxford*, v.23, p.475-480, 1972.

BAGATINI, T.; COGO, N. P.; GILLIS, L.; PORTELA, J. C.; PORTZ, G.; QUEIROS, H. T. Perdas de solo e água por erosão hídrica após Mudança no tipo de uso da terra, em dois métodos De preparo do solo e dois tipos de adubação. *Revista Brasileira Ciencia do Solo*, v.35, p.999-1011. 2011.

BERTOL, I.; ALMEIDA, J.A. Tolerância de perda de solo por erosão para os principais solos do estado de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 657-668, 2000.

BERTOL, I.; BEUTLER, J.F.; LEITE D. & BATISTELA, O. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. *Sci. Agric.* v.58, p.555-560, 2001.

BERTONI, J e LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. São Paulo: Ícone. p.355, 1990.

BERTOL, O. J.; RIZZI, N. E.; BERTOL, I; e ROLLOFF, G. Perdas de solo e água e qualidade do escoamento superficial associadas à erosão entre sulcos em área cultivada sob semeadura direta e submetida às adubações mineral e orgânica. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, v.31, p.781-792, 2007.

BEUTLER, J.F.; BERTOL, I.; VEIGA, M. & WILDNER, L.P. Perdas de solo e água num Latossolo Vermelho aluminoférico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo sob chuva natural. *R. Bras. Ci. Solo*. v27, p.509-517, 2003.

BLACK, G. R.; HARTGE, K. H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.). *Methods of soil analysis*. 2. ed. Madison: American Society of Agromony. v. 1, p. 363-375, 1980.

BONO, J. A. M.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; EVANGELISTA, A. R.; CARVALHO, M. M.; SILVA, M. L. N. Cobertura vegetal e perdas de solo por erosão em diversos sistemas de melhoramento de pastagens nativas. *Pasturas tropicales*, v.18, p.2-8, 1996.

CÂNDIDO, B. M.; SILVA, M. A.; SILVA, M. L. N.; CURI, N. RAMOS, L. O. O.; TAKAHASHI, E. N. Tolerância de perda de solo por erosão hídrica para solos sob plantio florestal de eucalipto no mato grosso do sul. Xxxiii Congresso Brasileiro de ciência do solo. Uberlândia MG, p. 1-3. 2015.

CANARACHE, A. PENETR - a generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. Soil Till. Res., Amsterdam, v.16, p.51-70, 1990.

CASSOL, E. A.; LEVIEN, R.; ANGHINONI, I.; BADELUCCI, M. P. Perdas de nutrientes por erosão em diferentes métodos de melhoramento de pastagem nativa no Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de ciência do solo, v.26, p.705-712, 2002.

CASTRO FILHO, C; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num latossolo roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.22, p.527-538, 1998.

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

COGO, N. P. conceitos e princípios envolvidos no manejo de solo para fins de controle da erosão hídrica. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. 21, Campinas. Anais: SBCS. p.251-262, 1998

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A.; Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo. v.27, p.743-53, 2003.

CORRÊA, E. A. Perdas de solo e índices de vegetação: proposta metodológica para a determinação do fator C (MEUPS) em pastagens e cana-de-açúcar. Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista. Rio Claro SP, 187pj, 2016.

DOMINGOS, J. L. Estimativa de perda de solo por erosão hidrica em uma Bacia hidrográfica. Monografia apresentada ao departamento de geografia da UFES. Vitória ES. 67p, 2006.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2ª Edição, Rio de Janeiro: Embrapa Solos. p32, 2006.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3ª Edição, Brasília, DF : Embrapa Solos. p49, 2013.

FARIA, A. L. L., SILVA, J. X., & GOES, M. D. B. Análise ambiental por geoprocessamento em áreas com susceptibilidade à erosão do solo na bacia hidrográfica do Ribeirão do Espírito Santo, Juiz de Fora (MG). Caminhos de Geografia. v.4(9), p.50-65, 2003.

FEITOSA, M. V. Variação temporal do Índice de Vegetação (NDVI) correlacionada ao uso e manejo do solo para a estimativa da erosão. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical). Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas. 128f, 2006.

- FREITAS AQUINO, R.; SILVA, N. L. N.; FREITAS, D. A. F.; CURI, N.; MELLO, C. R.; AVANZIS, J. C. Erosividade das chuvas e tempo de recorrência para Lavras, Minas Gerais. *Revista. Ceres, Viçosa*, v. 61, n.1, p.009-016, 2014.
- GALINDO, I. C. L.; MARGOLIS, E. Tolerância de perdas por erosão para solos do estado de Pernambuco. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, v.13, p.95-100, 1989.
- GUERRA, A, J. T; SILVA, A. S; BOTELHO, R. G. M. Erosão e conservação dos solos: Conceitos, temas e aplicações. 6ª Edição, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil LTDA. 340p. 2010.
- GYSSSELS, G.; POESEN, J.; BOCHET, E.; LI, Y. Impact of plant roots on the resistance of soils to erosion by water: a review. *Progress Phys. Geogr.*, v. 29, n.2, p. 189–217, 2005.
- HAMZA, M. A.; ANDERSON, W. K. Soil compaction in cropping systems a review of the nature, causes and possible solutions. *Soil and Tillage Research*, v. 82, p. 121- 145, 2005.
- HERNANI, L. C.; KURIHARA, C. H.; e SILVA, W. M. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, v. 23, p. 145-154, 1999.
- HICKMANN, C.; ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A.; COGO, C.; Erosividade das chuvas em Uruguaiana, RS, determinada pelo índice EI30, com base no período de 1963 a 1991. *Rev. Bras. Ci. Solo*. 32:825-31, 2008.
- HUDSON, N. Soil conservation. 3rd ed. Ames: Iowa State University Press; 1995.
- IBGE. Pesquisa da Produção Agrícola Municipal (PAM). *Diário do comercio*. 2014.
- KEARNEY, S.P.; FONTE, S. J.; GARCÍA, E.; SMUKLER, S.M. Improving the utility of erosion pins: absolute value of pin height change as an indicator of relative erosion. *Catena*, p.427- 432, 2018.
- LEÃO, T. P; SILVA, A. P.; MACEDO, M. C. M.; IMHOFF, S.; EUCLIDES, V. P. B. Intervalo hídrico ótimo na avaliação de sistemas de pastejo contínuo e rotacionado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas*, v. 28, p. 415-423, 2004.
- LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. Tolerância de perdas de terras para solos do Estado de São Paulo. *Campinas: Instituto Agrônomo, (Boletim Técnico, 28)*. p.12, 1975.
- LONDRES, F. Agrotóxicos no Brasil: um guia para ação em defesa da vida. Rio de Janeiro: Assessoria e Serviços Projetos em Agricultura Alternativa. 1ª Edição, p87, 2011.
- MAGALHÃES, W. de A.; CREMON, C.; MAPELI, N. C.; SILVA, W. M. da; CARVALHO, J.M. de; MOTA, M. S. da. Determinação da Resistência do Solo à penetração sob Diferentes Sistemas de Cultivo em um LATOSSOLO sob Bioma Pantanal. *Agrarian*, v. 2, n. 6, p.21-32, 2009.
- MAHILUM, B. C. Basic soil science and concepts in tropical soils. Honokaa: Trop Ag Hawaii. p.266, 2004.

MARCHÃO R.L.; BALBINO, L.C.; SILVA, E.M.; SANTOS JUNIOR, J.D.G.; CAROLINO DE SÁ, M.A.; VILELA, L. & BECQUER, T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.42, p.873-882, 2007.

MARTINS FERREIRA, R. R.; FILHO, J. T.; FERREIRA, V. M. Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. *Semana: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 31, n. 4, p. 913-932, 2010.

MARTINS, S. G.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; NORTON, L. D.; FONSECA, S. Rainfall erosivity and rainfall return period in the Experimental Watershed of Aracruz, in the Coastal Plain of Espírito Santo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v.34, p.999-1004, 2010.

Mello, C. R.; Viola, M.; R. Beskow S & Norton LD. Multivariate models for annual rainfall erosivity in Brazil. *Geoderma*, 202, p.88- 102, 2013.

MILLER, W. F. Volume changes in bulk density samples. *Soil Science*, Baltimore, v.100, p.300-304, 1966.

MOREIRA, J. A. A.; OLIVEIRA, I. P.; GUIMARÃES, C. B.; STONE, L. F. Atributos químicos e físicos de um latossolo vermelho distrófico sob pastagens recuperada e degradada. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiás, v. 35, n. 3, p. 155-161. 2005.

MORGAN, R. P. C. *Soil Erosion e conservation*. 3ª Ed. Oxford: Blackwell Science. p.304, 2005.

NASCIMENTO, L. M. P.; MARTINS, S. G.; NORBERTO, P. M.; COUTO, C. J.; RESENDE, M.; SILVA, J. C.; Avaliação de perdas de solo para cultura do pessegueiro na região do campo das vertentes. II Simpósio de Ciência do Solo. UFLA, 2017.

NUNES, J. G., CAMPOS, M. C. C., OLIVEIRA, F. P., NUNES, J. C., & MACEDO, J. A. B. Tolerância de perda de solo por erosão na região sul do Amazonas. *Ambiência*. Guarapuava (PR) v.8 n.3 p. 859 - 868 . 2012.

OLIVEIRA, F.P.; SANTOS, D.; SILVA, I.F.; SILVA, M.L.N. Tolerância de Perda de Solo por Erosão para o Estado da Paraíba. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v.8, n.2, p. 60-71, 2008.

OLIVEIRA H. L. P. R., OLIVEIRA M. D. R., & SOARES Ã. M.. Análise das características do Cambissolo Háplico encontrado na voçoroca do Ribeirão Beija-Flor em Uberaba, Minas Gerias. *Anais do XVI Encontro Nacional dos Geógrafos*, Realizado de 25 a 31 de julho de 2010. Porto Alegre - RS, 2010

OLIVEIRA L.B. de. Coeficiente de permeabilidade de dois tipos de solo (aluvial) da Estação Experimental do Curado. Recife: Instituto Agrônômico do Nordeste. (IAN. Boletim Técnico, 16). p.32, 1961.

OLIVEIRA, P. T. S.; ALVES SOBRINHO, T.; RODRIGUES, D. B. B.; PANACHUKI, E. Erosion risk mapping applied to environmental zoning. *Water Res Manage*. v.25, p.1021-36, 2011.

PANACHUKI. E.; BERTOL. I.; ALVES SOBRINHO, T.; OLIVEIRA, P. T. S.; RODRIGUES, D. B. B. Perdas de solo e de água e infiltração de água em latossolo

vermelho sob sistemas de manejo. *Revista Brasileira de ciência do solo*. v.35, p.1777-1785, 2011.

PANAGOS, P.; BORRELLI, P.; MEUSBURGER, C.; ALEWELL, C.; LUGATO, E.; MONTANARELLA, L. Estimating the soil erosion cover-management factor at European scale. *Land Use Policy*, v. 48, p. 38–50, 2015.

PAULA, M.; CABANÊZ, P.; FERRARI, J.; Desgaste superficial do solo em cafeicultura capixaba de montanha em função do manejo da vegetação espontânea. *Espírito Santo do Pinhal*. v.10, n2, p.090-104, 2013.

PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G. Cobertura do solo e acumulação de nutrientes pelo amendoim forrageiro. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v. 38, n. 7, p. 791-796. 2003

Pissarra, T. C.; Galbiatti, J. A.; Borges, M. J.; Rosalen, D.; Iha, D. Avaliação por fotointerpretação do uso/ocupação do solo e erosão acelerada em microbacias hidrográficas utilizando sistemas de informação geográfica. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. Goiânia. p2331-2337, 2005.

RIOS, L. F.; MARTINS, S. G; MONTEIRO, C. R.; RESENDE, E.; PASSINI, M. M.; FONSECA, A.; ANDREIA, D. Erosão hídrica avaliada pela alteração da Superfície do solo em cultivo de cana-de-açúcar e Pastagem natural na região do campo Das vertentes. *XXXIV congresso Brasileiro de ciência do solo*, Florianópolis, SC. 5p, 2013.

RIBEIRO, M. A. V.; NOVAIS, R. N.; FAQUIN, V.; FERREIRA, M. M.; FURTINI NETO, A. E.; LIMA, J. M. DE; VILLANI, E. M. A. Resposta da soja e do eucalipto ao aumento da densidade do solo e a doses de fósforo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.34, p.1157-1164, 2010.

RODRIGUES, D. B. B.; ALVES SOBRINHO T.; OLIVEIRA, P.T. S.; PANACHUKI, E. Nova abordagem sobre o modelo brasileiro de serviços ambientais. *R Bras Cie Solo*. v.35, p.1037-45, 2011.

RUIZ-COLMENERO, M.; BIENES, R.; ELDRIDGE, D. J.; MARQUES, M. J. Vegetation cover reduces erosion and enhances soil organic carbon in a vineyard in the central Spain. *Catena*, v. 104, p. 153–160, 2013.

SANTOS, D.; CURI, N.; FERREIRA, M. M. EVANGELISTA, A. R.; CRUZ FILHO, A. B.; TEIXEIRA, W. G. Perdas de solo e produtividade de pastagens nativas melhoradas sob diferentes práticas de manejo. *Pesq. Agropec. Brasília*, v.33, p.183-189, 1998.

SANTOS, Glenio G.; GRIEBELER, Nori P. OLIVEIRA, Luiz F. C. de. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.* vol.14, n.2, p.115-123, 2010.

SANTOS, M. H. F; RIBON, A.A; FERNANDES, K. L; SILVA O.C.C; OLIVEIRA, L.C; SILVA A.A. Estimativa da compactação através da resistência do solo a penetração em solo sob diferentes culturas e mata nativa. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia –issn. Periódico Semestral 49*. n.27, p.1677-0293, 2015.

SCHAEFER, C. E. R.; SILVA, D. D.; PAIVA K, W. N.; PRUSKI F, F.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; ALBUQUERQUE, M. A. Perdas de solo,

nutrientes, matéria orgânica e efeitos microestruturais em Argissolo Vermelho-Amarelo sob chuva simulada. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 37, n. 5, p. 669-678. 2002.

STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V. L. Recomendação para o uso do penetrômetro de impacto - modelo IAA/Planalsucar - Stolf. São Paulo: MIC/IAA/PNMCA-Planalsucar. (Série penetrômetro de impacto – Boletim, 1). p.8, 1983.

STOLF, R. Teoria e tese experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.15, n.3, p.229-235, 1991.

SOUZA, Z.M. de; PRADO, R. de M.; PAIXÃO, A.C.S.; CESARIN, L.G. Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.40, p.271-278, 2005.

SILVA, J. C.; MARTINS. S. G.; CAMPOS, A. L. A.; MARTUSCELLO, J. A.; RIOS, L. F.; RESENDE, M. Perdas de solo em Cambissolo sob integração lavoura-pecuária no campo das vertentes. II Simpósio de ciência do solo, UFLA, 2017.

TAVARES FILHO, J.; RIBON, A. A. Resistência do solo a penetração em relação ao número de amostras e ao tipo de amostragem. R. Bras. Ci. Solo, v.32, p.487-494, 2008.

THOMAZ, E. L.; ANTONELI, V. Erosão e degradação do solo em área cultivada com erva-mate (*Ilex paraguariensis*), Guarapuava – PR. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 27, n. 1, p. 21-30, 2008.

UHLAND, R.E. Physical properties of soils as modified by crops and management. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, v.14, p.361-366, 1949.

WALTRICK, P. C.; MACHADO, M. A. M. DIECKOW, J.; OLIVEIRA, D. Estimativa da erosividade de chuvas no estado do Paraná pelo método da pluviometria: atualização Com dados de 1986 a 2008. R. Bras. Ci. Solo, v.39, p.256-267, 2015.

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

Zolin, C. A., Paulino, J., da Silva Matos, E., de Souza Magalhaes, C. A., de Almeida, F. T., de Souza, A. P., & Mingoti, R. (2016). Perda de solo e água sob integração lavoura-floresta e em sucessão soja-milho. Pesquisa Agropecuária Brasileira. v.51, n.9, p.1223-1230. 2016.