

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

MÉTODOS DE PREPARO DE SOLO E SUA INFLUÊNCIA NA EROÇÃO
HÍDRICA E DESENVOLVIMENTO INICIAL DE *Eucalyptus saligna* EM UM
CAMBISSOLO HÁPLICO DA DEPRESSÃO CENTRAL DO ESTADO DO RIO
GRANDE DO SUL

JOSÉ BAPTISTA
Engenheiro Florestal (UFSM)

Dissertação apresentada como
um dos requisitos à obtenção do
Grau de Mestre em Ciência do Solo

Porto Alegre (RS), Brasil
Janeiro de 2008

AGRADECIMENTOS

A minha esposa Luisa e minha filha Cecília pela paciência e a força que me deram nesses anos em que me dediquei ao trabalho e estudo.

Ao Professores Renato Levien e Pedro Selbach pela oportunidade, compreensão e pelo desenvolvimento desse trabalho.

Ao gerente florestal da Aracruz unidade Guaíba Renato Alfonso Rostirola, gerente de desenvolvimento florestal Zoé Antonio Donati e gerente de pesquisa Gabriel Dehon Sampaio P. Rezende pela oportunidade de retomar meus estudos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, e ao Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia/UFRGS pela possibilidade de realização dessa pós-graduação.

À sociedade brasileira por contribuir tão onerosamente com impostos e, assim, ao menos dispor de ensino público, gratuito, e de qualidade, possibilitando a formação profissional.

A minha família, meus pais, Hildo Baptista, Maria Neuza de Araújo Baptista, meus irmãos Juliano Araújo Baptista e Gisele Araújo Baptista e minhas tias Maria de Lourdes Baptista e Zilda Legnani Baptista pelo apoio incondicional durante todos esses anos.

Aos amigos Antônio Jair P. de Freitas, Luis Carlos Polipo, Djalma Muller Chaves, Edésio P. Bortolas, Rafael David dos Santos, Newton Curi, Nairam Felix de Barros, Teotônio Francisco de Assis e José A. Totti pelo incentivo inicial.

Aos colegas de pós-graduação Osmar Conte, Henrique Debiasi, Luís de França Neto e Samuel Figueiredo pelo apoio, amizade e confiança.

Aos colegas e amigos Darian Girelli, Bruno P. Morales, Luis Henrique e Gianlouis Belmonte pelo auxílio na montagem do experimento e coleta de dados.

Aos colegas Elias Frank Araújo e Cedinara Arruda Santana pelo auxílio nas análises estatísticas

A todos os antigos professores que me ensinaram através da ciência interpretar as obras de Deus. Muito obrigado!

MÉTODOS DE PREPARO DE SOLO E SUA INFLUÊNCIA NA EROÇÃO
HÍDRICA E DESENVOLVIMENTO INICIAL DE *Eucalyptus saligna* EM UM
CAMBISSOLO HÁPLICO DA DEPRESSÃO CENTRAL DO ESTADO DO RIO
GRANDE DO SUL¹.

Autor: José Baptista
Orientador: Prof. Renato Levien

Resumo

O Rio Grande do Sul possui atualmente 411.000 hectares de sua superfície plantada com essências florestais exóticas. A tendência desses plantios no Estado é ocupar áreas com terrenos declivosos com limitado valor agropecuário e altamente susceptíveis à erosão hídrica. A fragilidade desses solos implica na necessidade de efetuar-se um planejamento criterioso dos talhões, face ao grande risco erosivo compreendido entre o plantio e o fechamento do dossel da floresta. O estudo buscou identificar e quantificar o efeito de métodos de preparo de solo e manejo de resíduos da colheita sobre a erosão hídrica (sustentabilidade) e o desenvolvimento inicial da floresta (produtividade). O ensaio foi instalado em uma área experimental da Aracruz Celulose e Papel S. A. no Horto Florestal Faxinal, localizado no município de Arroio dos Ratos na região fisiográfica denominada Depressão Central. O ensaio experimental foi instalado em outubro de 2006 em uma área de Cambissolo háplico. Os tratamentos escolhidos para o experimento foram baseados em práticas de manejo que são empregados no estabelecimento de povoamentos florestais. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com três repetições, os blocos foram demarcados aleatoriamente dentro do horto florestal. Os tratamentos testados foram à subsolagem interrompida com resíduo, subsolagem contínua com resíduo, subsolagem contínua sem resíduo, todos no sentido do declive, e coveamento mecânico. A subsolagem sem resíduo a favor do declive mostrou-se um método de preparo mais erosivo do que o coveamento manual com resíduo, com perda anual de 11,05 e 0,16 Mg ha ano⁻¹, respectivamente. A água escoada superficialmente nos tratamentos com resíduo foi de 1,6% e na subsolagem sem resíduo o escoamento foi de 2,9% do total precipitado. O preparo mais intensivo do solo aumenta a erosão, porém favorece o crescimento inicial do eucalipto. Observa-se que para os dois períodos analisados as parcelas subsoladas sem resíduos apresentaram os maiores teores de nutrientes contido na parte aérea. A manutenção dos resíduos de colheita proporciona um adequado desenvolvimento das plantas de eucalipto e reduz a perda de água, solo e nutrientes.

¹ Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo. PPG em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, UFRGS. Porto Alegre. (91p.) Janeiro de 2008.

METHODS OF SOIL TILLAGE AND ITS INFLUENCE IN WATER EROSION
AND DEVELOPMENT OF INITIAL *Eucalyptus saligna* IN A TYPIC
DYSTROCHEPT OF DEPRESSÃO CENTRAL STATE OF THE RIO GRANDE
DO SUL¹.

Author: Jose Baptista
Advisor: Prof. Renato Levien

Abstract

The Rio Grande do Sul has currently 411,000 hectares of its area forested with exotic essences. The tendency of these plantations in the State is to occupy sloped areas with limited agrarian value and highly likely to water erosion. The fragility of these soils implies the need of a microplanning of the area, given the high risk of water erosion between the planting and soil covernizer by the forest canopy. The study sought to identify and quantify the effect of methods of preparation of soil and solid waste management of the harvest on water erosion (sustainability) and the initial development of the forest (productivity). The test was installed in an experimental area of Aracruz Celulose e Papel S. A. In Horto Florestal Faxinal, located in the municipality of Arroio of Rats in the fisiografic region called Depression Center. The test trial was installed in October 2006 in an area of Typic Dystrochept in the municipality of Arroio dos Ratos. The treatment chosen for the experiment were based on management practices that are sometimes employed in the establishment of forest. The experimental design was used to block at random with three repetitions. The blocks were randomly within the demarcated forest garden. The treatments tested were subsoiling interrupted with residue, subsoiling continuing with residue, subsoiling continuing without residue and coveamento mechanic. The subsoiling without residue in of the slope has been the method of preparation more erosion than mecanical pit with waste, with annual loss of 11.05 Mg ha⁻¹ano⁻¹ and 0.16 Mg ha⁻¹ano⁻¹. Water overland flow treatment with residue was 1.6%. In subsolagem without waste the bleeding was 2.9%. The preparation more intensive soil erosion increases but favors the initial growth of eucalyptus. It is observed that for the two periods analyzed the parcels subsoladas without waste produced the greatest nutrient content contained in the air. The maintenance of waste collection provides an appropriate development of eucalyptus plants and reduces the loss of water, and soil nutrients.

¹Dissertation of MSc in Soil Science. PPG in Soil Science, Faculty of Agronomy, UFRGS. Porto Alegre. (91 p.) January 2008..

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1 Métodos de avaliação de perda de solo por erosão hídrica.....	5
2.2 Métodos de preparo de solo e manejo de resíduos	7
2.3 Efeito de sistemas de cultivo na erosão hídrica	10
2.4 Efeito da erosão hídrica na perda de nutrientes	13
2.5 Efeito do preparo de solo no crescimento inicial de florestas plantadas.....	16
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1. Descrição da área experimental	19
3.1.2. Clima.....	19
3.1.3. Geologia, topografia e vegetação	22
3.1.4. Solos e análises.....	24
3.2. Descrição do delineamento experimental	26
3.2.1. Tratamentos experimentais.....	26
3.2.2. Avaliações dos resíduos da colheita.....	29
3.2.3. Volume mobilizado de solo	29
3.3.1. Perda de solo por erosão.....	30
3.3.2. Perda de água por erosão	31
3.3.3. Perda de nutrientes por erosão.....	32
3.4. Avaliação do desenvolvimento inicial do eucalipto	32
3.4.1. Índice de copa.....	33
3.4.2. Biomassa da parte aérea	33
3.4.3. Teores de nutrientes da biomassa.....	33
3.4.4. Balanço nutricional do primeiro ano de cultivo do eucalipto.....	34
3.4.5. Análise estatística	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1. Volume mobilizado de solo	37
4.2. Perdas por escoamento superficial.....	38
4.2.1. Perdas de solo	38
4.2.2. Perdas de água.....	41
4.2.3. Perdas de solo total no período estudado.....	42
4.2.4. Perdas de nutrientes por erosão e escoamento superficial	44

4.3. Dendrometria do Eucalipto.....	47
4.3.1. Desenvolvimento inicial.....	47
4.3.2. Biomassa da parte aérea	48
4.4. Nutrientes da parte aérea	51
4.5. Balanço nutricional.....	53
5. CONCLUSÕES.....	55
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
7. APÊNDICE.....	65

RELAÇÃO DE TABELAS

1.	Atributos químicos do horizonte superficial do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40cm, nas três repetições da área experimental.....	25
2.	Atributos físicos do horizonte superficial do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40cm e declividade média, nas três repetições da área experimental.....	25
3.	Siglas e descrições dos tratamentos utilizados no experimento	26
4.	Área da secção transversal imobilizada de solo (ASM)e volume imobilizado de solo (VSM) nos tratamentos de preparo de solo	37
5.	Perdas de solo por erosão nas parcelas durante o período de avaliação e precipitação anual medida.....	38
6.	Perda de água por escoamento superficial (%) durante o período de avaliação e precipitação anual medida.....	41
7.	Perda de nutrientes por escoamento superficial e erosão.....	45
8.	Desenvolvimento inicial do <i>Eucalyptus saligna</i> por tratamento durante o período de estudo	47
9.	Biomassa de <i>Eucalyptus saligna</i> por tratamento durante o período de estudo.....	49
10.	Teores de nutrientes contidos na parte aérea das plantas de <i>Eucalyptus saligna</i> das parcelas experimentais	51
11.	Balanço nutricional anual dos nutrientes estudados.....	53

RELAÇÃO DE FIGURAS

1. Normais climatológicas de evaporação e precipitação para a região da grande Porto Alegre - RS	20
2. Precipitação mensal na área experimental durante o período de avaliação e precipitação histórica	21
3. Índice de erosão médio mensal e precipitação mensal histórica para o período de estudo na região de Arroio dos Ratos - RS	22
4. Implemento harvester (A) utilizado para o corte e descasque da madeira. A retirada da madeira do talhão foi realizado com forwarder (B)	24
5. Aspecto geral das parcelas	28
6. Visão geral das parcelas com os tanques de sedimentação	31
7. Efeito do preparo de solo na macroporosidade após 7 meses	35
8. Efeito do preparo de solo na densidade do solo após 7 meses	36
9. Efeito do resíduo no transporte de sedimentos nos tratamentos SCR (A) e SSR (B).....	39
10. Erosão observada dos eventos registrados	40
11. Escoamento superficial dos eventos observados	42
12. Amplitude da erosão observada comparando os resultados da área experimental com outros resultados citados.....	43
13. Biomassa total da parte aérea por tratamento no período de estudo	50

1. INTRODUÇÃO

No início do século XX, aumentou a demanda por madeira no Brasil. Esse aumento deve-se principalmente pela expansão da rede ferroviária onde a madeira era utilizada na confecção de dormentes e na necessidade do fabrico de postes para transmissão de energia elétrica. Esses setores utilizavam madeiras de espécies nativas de baixo incremento e características mecânicas muito diversas que impactavam na disponibilidade do produto e na sua qualidade. Nesse período começaram a ser implantados os primeiros povoamentos do gênero *Eucalyptus* spp. no Brasil. A eucaliptocultura tornou-se a alternativa mais promissora no que se refere ao uso da madeira, por apresentar características de madeira nobre com custo reduzido e versatilidade no seu uso, além de colaborar com a redução no consumo de madeiras nativas. O princípio básico do cultivo de espécies florestais é produzir a maior quantidade de madeira, por unidade de área no menor tempo possível e com qualidade mais adequada ao seu uso final. Para atingir tal finalidade desenvolveu-se a silvicultura intensiva, com técnicas de preparo de solo, adubação e condução de povoamentos florestais visando o ganho em produtividade.

O Rio Grande do Sul possui atualmente 411.000 hectares de sua superfície plantada com essências florestais exóticas. A tendência desses plantios no Estado é ocupar áreas com terrenos declivosos com limitado valor agropecuário e altamente susceptíveis à erosão hídrica. A fragilidade desses solos implica na necessidade de efetuar-se um planejamento criterioso dos talhões, face ao grande risco erosivo compreendido entre o plantio e o fechamento do dossel da floresta.

O preparo de solo para o plantio de espécies florestais objetiva disponibilizar quantidades suficientes de água e de nutrientes para o mais rápido estabelecimento das mudas. Além de visar o rápido crescimento do sistema radicular, por meio do revolvimento, o que facilita a absorção de água e de nutrientes, também elimina plantas indesejáveis próximas das mudas, evitando a competição (Barros et al., 2003).

Até o final da década de 80, o preparo de solo nas áreas reflorestadas consistia na eliminação, em geral por queima, dos resíduos da vegetação

anterior e no revolvimento intenso de todo o solo da camada superficial, à semelhança do que se utilizava nos cultivos agrícolas convencionais. Desta forma, o solo ficava desprotegido e sujeito ao processo de erosão, com severas perdas de solo. Por ficar totalmente exposto, o solo atingia maior amplitude de temperatura e maior evaporação da água, portanto submetido ao processo de umedecimento e secagem, o que prejudicava a sua estrutura e intensificava a decomposição da matéria orgânica (Costa, 1990). Boa parte dos nutrientes disponibilizados pela queima e revolvimento do solo era perdida por processos erosivos e/ou lixiviados para camadas subsuperficiais do solo.

Em meados da década de 80, várias empresas do setor florestal começaram a testar métodos de preparo do solo menos intensivos, por exemplo, sem a queima dos resíduos oriundos da colheita e com a redução do revolvimento do solo, além da distribuição dos resíduos do cultivo anterior. Entre as vantagens atribuídas a esse tipo de preparo têm-se a melhoria das características físicas do solo, a redução das perdas de água, nutrientes e solo, a maior atividade biológica e a redução da infestação de plantas invasoras (Gonçalves et. al., 2000).

Apesar das indicações encontradas em trabalhos sobre a conveniência da adoção de técnicas menos intensivas de preparo de solo, no Brasil foram poucos os estudos realizados dentro da área de silvicultura relacionando intensidades de preparo no desenvolvimento do eucalipto com perdas de solo e de água por erosão.

Desta forma, para melhor compreender a relação entre a intensidade de preparo do solo, as taxas erosivas e o crescimento da floresta plantada, em áreas declivosas, foi conduzido um ensaio em um Cambissolo háplico Tb distrófico, no município de Arroio dos Ratos (RS). O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso com três métodos de preparo de solo (coveamento mecânico, subsolagem interrompida e subsolagem a favor do declive).

O estudo buscou identificar e quantificar o efeito de métodos de preparo de solo e manejo de resíduos da colheita sobre a erosão hídrica (sustentabilidade) e o desenvolvimento inicial da floresta (produtividade), tendo os seguintes objetivos:

1. Avaliar o efeito de diferentes métodos de preparo sobre a perda de solo, água e nutrientes por erosão hídrica e durante o desenvolvimento inicial do eucalipto.

2. Identificar o preparo de solo que possibilite o adequado desenvolvimento inicial da floresta, sem comprometer a conservação do solo.

As hipóteses testadas foram:

I. O preparo mais intensivo do solo aumenta a erosão.

II. O preparo mais intensivo do solo favorece o crescimento inicial do eucalipto.

III. O preparo de solo com a manutenção dos resíduos de colheita proporciona um adequado desenvolvimento das plantas de eucalipto e reduz a perda de solo, água, nutrientes, afetando o balanço nutricional positivamente.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Métodos de avaliação de perda de solo por erosão hídrica

Fundamentalmente, o processo de erosão hídrica do solo pela água da chuva é condicionado pelos fatores chuva, solo, topografia, uso e manejo do solo e práticas conservacionistas de suporte (Hudson, 1977).

Erosão do solo representa a quantidade de solo perdido em uma área de terra num período específico de tempo, sendo expressa em $Mg\cdot ha^{-1}$. A determinação da perda de solo é de interesse para avaliar os efeitos causados pela erosão, como a perda de produtividade para o cultivo, e os efeitos das práticas conservacionistas adotadas. (Nearing et al., 1988).

A erosão em escala geológica é um processo natural que está relacionado com a própria formação dos solos (Mcevoy, 1989). No entanto, na escala de tempo humana, a erosão é indesejável por reduzir a produção agrícola e florestal, causar sedimentação nos cursos d'água, degradando a qualidade das microbacias (Megahan, 1977; Grey, 1988; FAO, 1989; Machado, 1990; Souza, 2000; Grace III et al., 1996; Vital, 1996).

A constante redução da produtividade dos solos tem sido atribuída principalmente à erosão hídrica e ao manejo inadequado do solo. Outro aspecto de grande relevância é que o aporte de sedimentos oriundos das áreas que sofrem erosão promove o assoreamento de rios e lagos, comprometendo a qualidade da água e alterando a vida aquática, principalmente pela eutrofização das águas (Martins, 2003).

Segundo Ramakrishna e Davidson (1998) e Powers et al. (1998) apud Martins (2003), a erosão hídrica é um dos fatores que deve ser analisado quando se quer avaliar a sustentabilidade do uso do solo cultivado com florestas plantadas.

A quantidade de solo desestruturado aumenta com a intensidade da precipitação, velocidade e tamanho das gotas. Além de ocasionar a liberação de partículas que irão obstruir os poros do solo, o impacto das gotas propicia a compactação natural do solo, ocasionando o selamento de sua superfície e conseqüentemente, reduzindo a capacidade de infiltração da água (Silva et al., 1995).

O empoçamento da água nas depressões da superfície e o escoamento da água começam a ocorrer somente quando a intensidade de precipitação excede a taxa de infiltração. Associado ao escoamento superficial, ocorre o transporte de partículas do solo, as quais sofrem deposição somente quando a velocidade de escoamento superficial for reduzida (Pruski, 2000).

Para Martins et al. (2003), a quebra dos agregados do solo com o impacto direto das gotas de chuva e o escoamento superficial do excesso da água são os agentes ativos, e o solo, o agente passivo no processo de erosão hídrica.

A pesquisa sobre erosão é, em geral, um processo de alto custo e que necessita de muitos anos de estudo para gerar resultados que auxiliem na correta compreensão da dinâmica do processo erosivo no local de estudo (Lal, 1988 apud Wichert, 2005). Como as classes de solo e o clima variam muito entre regiões, a extrapolação de resultados de estudos pontuais para escalas maiores deve ser feita de forma cuidadosa, e para tanto há a necessidade de utilizar métodos padronizados de pesquisa facilitando a comparação dos resultados para diferentes condições edafoclimáticas. Idealmente, deve-se ter repetições dos delineamentos experimentais para captar as variabilidades existentes no próprio local de estudo (Lal, 1988 apud Wichert, 2005).

O método direto mais empregado para determinação da erosão hídrica é o método da parcela padrão. O método da parcela padrão consiste em uma área retangular delimitada por placas de chapas metálicas colocadas no sentido do maior declive do terreno, tendo na parte inferior uma calha para canalizar o produto da erosão para tanques de sedimentação e de coleta de água onde são realizadas as mensurações da quantidade de solo erodido e do escoamento superficial. O sedimento depositado pode ser coletado para futuras determinações químicas. Essa metodologia é usada na agricultura brasileira desde 1950 (Marques et al., 1954). Contudo sua utilização em silvicultura é mais recente, sendo o primeiro estudo desenvolvido por Lima (1988). No entanto, face ao seu elevado custo, não são geralmente utilizadas repetições experimentais, instalando-se apenas uma parcela por uso do solo ou manejo testado (Wichert, 2005).

No meio agrícola muitos autores utilizaram esse método (Cogo et al., 2003; Morgan, 1986; Volk et al., 2004; Beutler et al., 2003). Na área florestal

pode-se citar Lima (1988); Ranzini & Lima (2002); Silva (1998); Martins et al. (2003); Brito (2004); Fernández et al. (2004); Martins (2005); Wichert (2005); Vital et al. (1999).

Segundo Veiga (1993) o método da parcela padrão é um método mais caro e de difícil implementação, sendo normalmente utilizada a instalação de uma caixa por tipo de uso do solo e por classe de solo, sendo considerada como fator repetição os eventos de precipitação, mas sem replicação no espaço. É um método de pouca mobilidade, pois não pode ser facilmente transferido de uma área para outra e é necessário que o local onde a parcela for instalada seja representativo da realidade da região em termos de classe de solo e de regime hídrico.

2.2 Métodos de preparo de solo e manejo de resíduos

O preparo de solo compreende um conjunto de práticas que, quando usadas racionalmente, podem manter ou elevar os índices de produtividade florestal, a médio e longo prazos, reduzir a erosão hídrica e eólica, e melhorar a relação custo/benefício dos recursos disponíveis (Gonçalves et al., 2002b).

Gonçalves et al., (2002b) citam também que o efeito do preparo do solo não depende apenas do implemento empregado, mas também da forma e intensidade de seu uso. As vezes, o efeito benéfico de determinado implemento é anulado pelo seu uso inadequado ou excessivo.

Os métodos de preparo do solo utilizados em áreas florestais no Brasil variam muito, mas podem ser agrupados em dois grandes grupos: com intenso revolvimento das camadas superficiais do solo (preparo convencional com aração e gradagem) e o cultivo mínimo (preparo de solo restrito às linhas de plantio, mantendo os resíduos culturais sobre o terreno). Este último tem-se destacado no setor florestal nos últimos anos por garantir uma melhor conservação das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. (Gonçalves et al. 2002; Martins et al. 2003)

O preparo do solo pode incluir também a queima de resíduos vegetais, como uma prática de limpeza da área. Dentre as várias conseqüências desta prática, a redução ou eliminação da cobertura vegetal destaca-se, no contexto da erosão hídrica, por favorecer o escoamento superficial da água da chuva,

agravando o processo erosivo (Santos et al., 1992). Em adição, outros efeitos negativos das queimadas sobre atributos do solo e do ambiente têm desestimulado a adoção da mesma, o que constitui um grande avanço da silvicultura brasileira dos últimos anos (Brito et al., 2004).

O preparo do solo afeta o crescimento florestal e sua produtividade final por atuar diretamente sobre os fatores físicos, químicos e biológicos do solo, e sobre a comunidade vegetal infestante, alterando a disponibilidade de recursos hídricos e nutricionais às plantas (Suiter et al., 1980; Castro, 1994; Gonçalves et al., 2000; Gonçalves et al., 2002 a).

O preparo afeta a conservação de solo podendo aumentar as perdas erosivas de valores praticamente nulos até valores acima da tolerância aceitável de erosão para aquele determinado solo, reduzindo assim o seu potencial produtivo no longo prazo (Bertoni et al., 1985; Hernani et al., 1987; Gonçalves et al., 2000).

Sob o ponto de vista da conservação do solo, segundo Gonçalves et al. (2002b), o melhor preparo é aquele que é efetuado com o menor número possível de operações e mantém sobre sua superfície a maior quantidade de resíduos orgânicos de restos culturais, de forma a proteger os agregados do impacto direto das gotas de chuva.

Segundo Poynton (1965), o potencial de perda erosiva do solo eleva-se com a intensidade de preparo, podendo afetar a sua produção no longo prazo, havendo algumas vezes uma relação inversa entre o ritmo de crescimento inicial das plantas e a conservação do solo.

Sob o ponto de vista químico, o preparo de solo acelera os níveis de mineralização dos nutrientes contidos nos resíduos florestais e na própria matéria orgânica do solo (Castro, 1988), podendo aumentar, dependendo de sua intensidade, as perdas de nutrientes por erosão. Assim, preparos que envolvem a queima de resíduos florestais induzem uma grande perda de nutrientes por volatilização, oxidação e erosão eólica ou hídrica, ao mesmo tempo em que promovem a rápida liberação de nutrientes ao solo (Maluf, 1991; Gonçalves et al., 1997; Gonçalves et al., 2000; Gonçalves et al., 2002b).

Do ponto de vista biológico, a manutenção dos resíduos florestais reduz a variação da temperatura na camada superficial do solo e auxilia na manutenção da sua umidade, permitindo melhores condições para as

atividades biológicas no solo e a decomposição da matéria orgânica dos resíduos. Desta forma, há um incremento das taxas de liberação dos nutrientes contidos na biomassa para ciclagem biogeoquímica de nutrientes dentro do ecossistema (Gonçalves et al., 2002a). Os resíduos sobre o solo também atuam como barreiras físicas ao impacto das gotas da chuva e ao escoamento superficial diminuindo a erosão hídrica. Métodos intensivos de preparo de solo e a queima dos resíduos florestais podem diminuir a biota do solo e aumentar os riscos de ocorrer erosão hídrica, prejudicando a sustentabilidade da produção florestal no longo prazo (Gonçalves et al., 2002b; Seixas, 2002), a despeito de um maior crescimento inicial face à maior disponibilização de nutrientes (Stape et al., 2002a; Nzila et al., 1997).

Segundo Wicht (2005), os implementos mais utilizados para o preparo de solo em áreas de cultivo mínimo para o plantio florestal são o subsolador (profundidade de trabalho menor que 30 cm), o escarificador (profundidade de trabalho de até 30cm) e o coveador mecânico. Este último implemento é utilizado em áreas muito declivosas ou em áreas com obstáculos físicos que impedem ou dificultam muito o trabalho com subsoladores. O efeito destes implementos no solo é muito variável, mas de maneira geral, segundo Gonçalves et al. (2002a), para uma profundidade de preparo de 40 cm o subsolador mobiliza um volume de solo de aproximadamente $531 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$, o coveador mecânico um volume de $83 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ e a cova manual $45 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$

Em estudo de Gonçalves et al. (2002b) foi observado o efeito de diferentes práticas de manejo dos resíduos vegetais no crescimento das árvores de eucalipto. O estudo analisou o efeito da queima, incorporação e manutenção dos resíduos vegetais sobre o solo em um povoamento de eucalipto. A simples remoção mecânica das cascas reduziu substancialmente o crescimento das árvores e o pior resultado foi aquele em que todos os resíduos foram removidos da área. Estes resultados destacam a importância da manutenção e distribuição uniforme dos resíduos florestais na produtividade da floresta em solos de baixa fertilidade.

A maioria das pesquisas envolvendo os métodos de preparo de solo foram realizadas em áreas de relevo plano, que apresentam menores problemas de conservação (Suiter et al., 1980; Finger et al., 1996; Sasaki, 2000; Bentivenha, 2001), em detrimento das áreas declivosas, mais frágeis do

ponto de vista erosivo (Firme et al., 1988). Desta forma, a dualidade entre produtividade e conservação do solo torna-se mais crítica e relevante em áreas declivosas, e o entendimento destes fatores é necessário, principalmente no crescimento inicial da floresta, período mais crítico de erosão pós-plantio (Lima, 1988; Gonçalves et al., 2000).

2.3 Efeito de sistemas de cultivo na erosão hídrica

As conseqüências do manejo inadequado do solo, elevando as taxas erosivas, podem diminuir o potencial produtivo de um sítio rapidamente (McEvoy, 1989). A resposta de um solo ao processo erosivo é complexa, e é influenciada pelas propriedades do solo como sua textura, estabilidade estrutural, conteúdo de matéria orgânica e mineralogia da argila. Algumas dessas propriedades, como a matéria orgânica, podem ser alteradas com o passar do tempo devido ao uso da terra, práticas de manejo e sistemas de cultivo. A erosão dos horizontes superficiais do solo pode expor um horizonte mais profundo com diferentes características físicas e de erodibilidade do horizonte superficial. Consequentemente a erodibilidade do solo pode mudar com o tempo (Elliot, 1988).

As perdas de solo e água por erosão hídrica resultam da interação do clima, solo, topografia, uso e manejo do solo e práticas conservacionistas de suporte (Wischmeier e Smith, 1978), manifestando-se de maneira variável. Essas perdas podem ser diminuídas pela redução da capacidade de desagregação e transporte de sedimentos ocasionados pelos agentes erosivos (Amado et al., 1989). No entanto, são fortemente influenciadas pelo preparo (Cogo, 1981; Bertol, 1995), o qual influi nas propriedades físicas da superfície e subsuperfície, dentre as quais se destacam: a estrutura, densidade e porosidade, que alteram a capacidade de infiltração de água e a susceptibilidade do solo ao sulcamento (Larson e Gill, 1973). Percebe-se, ainda, que o tipo de implemento utilizado e a intensidade do preparo modificam a quantidade de resíduos culturais remanescentes na superfície e a cobertura do solo (Schick et al., 2000).

As altas taxas de erosão do solo são um grave problema. Contudo, o que é difícil de obter, de forma rápida e precisa, são as dimensões – extensão,

magnitude, e taxa – da erosão do solo e suas conseqüências econômicas e ambientais. As informações frequentemente encontradas na literatura estão baseadas em pesquisas de reconhecimento e utilizam extrapolações baseadas em dados restritos (Lal, 1988).

No monitoramento das perdas de solo por erosão hídrica é importante comparar as taxas erosivas obtidas com os limites estabelecidos pela tolerância de perdas de cada solo. A FAO (1967) admite perdas da ordem de 12,5 Mg ha⁻¹ano⁻¹ para solos profundos, permeáveis e bem drenados; 2,0 a 4,0 Mg ha⁻¹ano⁻¹, para solos rasos ou impermeáveis e, para outros solos, admite perdas entre 4 e 12,5 Mg ha⁻¹ano⁻¹. Bertoni e Lombardi (1985) propuseram valores toleráveis de perdas de solo para o Estado de São Paulo. Os valores médios para solos com B textural variaram de 4,5 a 13,4 Mg ha⁻¹ano⁻¹, para solos com B latossólico de 9,6 a 15,0 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, e para solos pouco desenvolvidos de 4,2 a 14,0 Mg ha⁻¹ano⁻¹.

Para Bertol e Almeida (2000) a tolerância de perda de solo para os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul variam de 2,47 Mg ha⁻¹ano⁻¹ para Neossolo litólico a 14,7 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ para Latossolos. Para Cambissolos os mesmos autores encontraram valores entre 9,9 Mg ha⁻¹ano⁻¹ para o Bruno Húmico e 11,2 Mg ha⁻¹ano⁻¹ para o Húmico.

Diversos estudos de erosão foram feitos com diferentes culturas anuais e classes de solo, onde os autores quantificaram os valores de perdas de solo e água nestes sistemas. Silva et al. (1992), apud Martins (2003) encontraram valores de perda de solo variando de 0,0 a 11,9 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ para as áreas com o sistema de plantio direto e de 0,4 a 31,8 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ para áreas cultivadas com o sistema de preparo convencional, demonstrando assim que o plantio direto apresentou as menores taxas de perdas de solo. Resultados semelhantes foram encontrados em estudos de Nunes et al. (1990) e de Hernani et al. (1997;1999).

Em parcela-padrão, sob chuva natural, Hernani et al. (1987) quantificaram perdas de solo para Latossolo Amarelo em uma área sob floresta secundária e destocada entre 0,1 e 1,9 Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

Bertoni et al. (1981) estudando os efeitos dos restos culturais sobre as perdas por erosão observou que as perdas de solo foram de 20,2 Mg ha⁻¹ para

áreas em que os restos culturais foram queimados e que em áreas onde os restos culturais permaneceram na superfície do solo a perda foi de 6,5 Mg ha⁻¹.

Albuquerque et al. (2001) estudaram os efeitos do desmatamento da caatinga sobre as perdas de solo num Luvissole, em parcelas sob chuva natural, no período de 1986 a 1990. Os tratamentos consistiram de duas parcelas desmatadas, uma parcela com caatinga nativa e uma parcela com caatinga rebrotada. Os valores médios anuais das perdas de solo, correspondente ao período pelas parcelas desmatadas e caatinga nativa foram de 35,7, 58,5 e 0,1 Mg ha⁻¹. Nas parcelas com caatinga, houve uma redução de aproximadamente 99% das perdas de solo, em relação às parcelas desmatadas.

Martins et al. (2003), utilizando o método da parcela-padrão, estudaram perdas de solo em sistemas florestais para as principais classes de solo da região de Aracruz (ES), encontrando perdas médias em torno de 1,2 e 1,9 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, para um Plintossolo e um Argissolo, respectivamente.

Lima (1988), estudando florestas de eucalipto, determinou perdas de solo e água durante quatro anos em Areia Quartzosa cultivada com *Eucalyptus grandis*. Segundo o autor, as perdas para o primeiro ano foram de 1,00 a 10,40 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ e, para o quarto ano, de 0,01 a 0,10 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, observando uma diminuição acentuada de perdas de solo com o tempo de cultivo nas parcelas reflorestadas devido ao crescimento do eucalipto, que aumentou a cobertura do solo, com fechamento da copa, e também com a formação da serrapilheira.

Cardoso (2003), estudando perdas de solo através do método da parcela padrão em Argissolo Amarelo textura média/argilosa, Argissolo Amarelo moderadamente rochoso e Plintossolo Háptico, para três sistemas de uso do solo (eucalipto, mata nativa e solo descoberto) na região de Aracruz-ES, encontrou os maiores valores de perda de solo para o Argissolo Amarelo moderadamente rochoso, onde na área com eucalipto a perda de solo foi de 1,19 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, na mata nativa a perda foi de 0,05 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, e no solo descoberto 36,77 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. As perdas erosivas nos três solos ocupados com cultivo do eucalipto foram bem inferiores aos limites de tolerância de perdas erosivas, que variam de 10,0 a 13,0 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ para os três solos da

região de estudo, indicando que o manejo do solo para o cultivo com eucalipto estava adequado.

Também estudando as perdas de solo em floresta de eucalipto plantada em diferentes alinhamentos nos sistemas de cultivo mínimo com cova manual, comparando com resultados da mata nativa, pastagem e solo descoberto em área de Latossolo Vermelho distrófico, Brito (2004), encontrou valores de perda de solo para o período inicial de crescimento da floresta (até os 14 meses de idade) de $0,11 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para o preparo do solo em nível; $0,01 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para o preparo do solo no sentido da declividade do terreno; $0,01 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para a mata nativa; $0,41 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para pastagem e de $1,80 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para solo descoberto. Estes valores de perdas de solo ficaram muito abaixo da tolerância admissível estabelecida para essa classe de solo na região do estudo, que é de $11,22 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, demonstrando assim que o sistema de uso e manejo de solo estava adequado para as condições de produção. Cabe ressaltar que estes dados são oriundos de parcelas padrão, sem repetição.

Oyarzun (1994) estudando o efeito da colheita de *Pinus* ssp. sobre as perdas de erosão do solo em parcelas com e sem resíduos, observou que os resíduos diminuíram a erosão em 57% no primeiro ano e em 18% no segundo ano após a colheita, demonstrando a importância de manter uma cobertura protetora de resíduo sobre o solo em áreas de reforma para diminuir a erosão hídrica.

2.4 Efeito da erosão hídrica na perda de nutrientes

Os resíduos culturais sobre o solo funcionam como uma camada isolante entre a atmosfera e o solo, com importantes efeitos sobre a economia de água e nutrientes do sistema. Esses efeitos são diretamente proporcionais às quantidades de resíduos acumulados sobre o terreno, as quais dependem da produtividade do local e das práticas de manejo de resíduos adotadas. As quantidades de nutrientes contidas na copa (folhas e galhos), na casca e serapilheira, principais componentes dos resíduos florestais, representam uma percentagem muito significativa do estoque de nutrientes de uma plantação florestal. Por esse motivo é importante quantificar as perdas de nutrientes removidos com o solo e a água. Tendo como referência os níveis de fertilidade

do solo sob um povoamento de *E. grandis* (dos 7 aos 9 anos), Gonçalves et al. (1997) verificaram que o método de preparo de solo que mais modificou a sua fertilidade foi aquele onde todos os resíduos florestais foram queimados.

A avaliação da quantidade de nutrientes perdida por erosão em diferentes sistemas de manejo e cobertura vegetal é de fundamental importância no planejamento e na adoção de práticas conservacionistas que proporcionem, de uma forma equilibrada, o uso e a sustentabilidade dos solos florestais (Morrison, 1998; Ramakrishna & Davidson, 1998). Em sistemas conservacionistas, como por exemplo, o cultivo mínimo da cultura do eucalipto, a cobertura superficial proporcionada ao solo é bem mais eficiente do que em cultivos convencionais. (Gonçalves et al., 2002).

Existem várias formas de expressar as perdas de nutrientes por erosão hídrica. Elas podem ser expressas tanto em concentração do elemento na enxurrada e no sedimento, como em quantidade perdida por área. A concentração de determinado elemento na enxurrada varia principalmente com sua concentração no solo. A quantidade total transportada, no entanto, depende tanto da concentração do elemento no material erodido, quanto do volume total desse material perdido (Seganfredo et al., 1997; Schick et al., 1999).

Segundo Seganfredo et al. (1997) e Schick et al. (1999), o material erodido é mais rico em fósforo, cálcio, magnésio, potássio e matéria orgânica do que o solo original. Isto se deve ao material transportado, o qual é mais rico em silte e argila do que o solo de onde se originou o sedimento, uma vez que essas partículas são mais facilmente transportadas e contêm maiores quantidades de nutrientes adsorvidas (Resk et al., 1980; Freitas e Castro, 1983; Hernani et al., 1987; Seganfredo et al., 1997; Bertol et al., 2004). Estima-se que de 75 a 90% do P perdido em áreas agrícolas seja devido ao arraste de partículas minerais ou orgânicas durante o processo de erosão hídrica (Novais e Smith, 1999).

No processo de erosão hídrica, alguns nutrientes podem apresentar maiores concentrações no sedimento e outros na solução. Em sistemas agrícolas, perdas de nutrientes foram avaliadas por Hernani et al. (1999) em diversos sistemas de manejo. De acordo com estes autores, as perdas de P e K⁺ por erosão hídrica foram maiores no sedimento, enquanto Ca²⁺ e Mg²⁺

foram maiores na enxurrada. Estes mesmos resultados foram observados por Bertol et al. (2004). No entanto, McDowell & McGregor (1980) verificaram que, as perdas de P e K⁺ na enxurrada durante o ciclo da soja foram mais elevadas do que as do sedimento.

Em povoamentos de eucalipto em Latossolo Vermelho Distroférico, Brito (2004) determinou perdas de nutrientes por erosão hídrica em diversos tipos de manejo, tendo as perdas de nutrientes determinadas neste estudo sido muito baixas. Em florestas plantadas de eucalipto, estudos em relação a perdas de nutrientes por erosão hídrica são incipientes, havendo carência de dados neste campo do conhecimento.

Mackensen e Forster (2000) avaliaram as perdas de nutrientes em florestas comerciais de *Eucalyptus deglupta* em três cenários de impacto ambiental e os classificaram como alto, médio e baixo impacto. De acordo com estes autores, valores de P, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ perdidos por erosão hídrica acima de 0,1; 1; 4 e 4 kg ha⁻¹ ano⁻¹ respectivamente, podem indicar um cenário de alto impacto e, abaixo desse valores, cenário de baixo impacto.

Em povoamentos florestais do Estado de São Paulo, Gonçalves (1995) verificou que cerca de 51 a 82% dos nutrientes da biomassa florestal, presentes acima da superfície do solo, estavam contidos nos resíduos florestais. Maluf (1991) verificou que a queima de resíduos florestais na região dos Cerrados resultou na perda de 88% de N, 33% de P, 30% de K, 47% de Ca e 43% de Mg do conteúdo total de nutrientes presentes nesses resíduos.

Rogers (1941) verificou que o material erodido era 16% mais rico em nitrogênio total e 11% em fósforo do que o solo original. Grohman e Catani (1949) estudando um solo Podzolizado de Lins e Marília-SP, encontraram que o solo transportado pela erosão possuía 2,0 vezes mais matéria orgânica; 2,8 vezes mais P; 2,3 mais K e 1,9 mais Ca do que o solo original (camada de 0-20 cm), devido ao arraste laminar da camada superficial do solo (0-5cm). Resultados semelhantes de perda de solo da camada mais fértil do solo foram obtidos por Oyarzun (1994) em área cultivada com *Pinus* spp.

Em plantio de *E. grandis* em Areia Quartzosa, Lima (1988) mensurou a perda de nutrientes pelo escoamento superficial, sendo que no primeiro ano os valores de perda de Ca variaram de 3,2 a 4,1 kg ha⁻¹; 0,6 a 1,9 kg ha⁻¹ para o K; de 0,5 a 1,0 kg ha⁻¹ para o N; e de 0,2 a 0,3 kg ha⁻¹ para o Mg.

Alarcón e Prado (1990) estudando o efeito do manejo de resíduos da exploração de *Pinus* nos processos erosivos mensuraram a perda de nutrientes pela erosão hídrica, que variou de 0,4 a 7,5 kg ha⁻¹ para o N; 0,02 a 10,6 kg ha⁻¹ para o P; e 1,3 a 34,1 kg ha⁻¹ para o K.

Hernani et al (1987) avaliaram as perdas de Ca, Mg, K e C-orgânico num Latossolo Amarelo Álico submetido a diferentes métodos de manejo dos resíduos vegetais. Concluíram que no tratamento onde foi usado o fogo foi perdido por erosão 6,6 Kg ha⁻¹ ano⁻¹ de Ca⁺², 1,1 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de Mg⁺², 4,8 kg ha⁻¹ ano⁻¹ K⁺ e 18,5 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de C-orgânico. Em compensação nas áreas onde o resíduo foi enleirado as perdas foram de 2,9 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de Ca⁺², 0,5 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de Mg⁺², 4,8 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K⁺ e 4,2 kg ha⁻¹ ano⁻¹.

2.5 Efeito do preparo de solo no crescimento inicial de florestas plantadas

Para Husch et al. (1992), o termo sítio é definido como sendo a interação entre fatores climáticos, do solo, topográficos e da competição entre os seres vivos. Desta forma, a característica do sítio pode, até certos limites, ser alterada pelo homem através do preparo do solo, adubação, drenagem e irrigação. Assim, o preparo do solo pode modificar as condições ambientais vindo a favorecer o desenvolvimento de uma cultura, mas também pode causar impactos ambientais como a erosão, quando é realizado de forma incorreta.

O preparo de solo visa a sua desagregação diminuindo a resistência, e facilitando o desenvolvimento do sistema radicular das árvores que passam a explorar maior volume de solo, aumentando sua absorção de água e nutrientes (Letey, 1985; Scumacher, 1995; Finger et al., 1996; Fernandes e Souza, 2001; Stape et al., 2002a). Esta desagregação pode se dar de forma localizada na cova, linear através de preparos com sulcadores, subsoladores ou grades terraceadoras, ou em área total com uso de arados e grades (Sasaki, 2000; Gonçalves et al., 2002a; Stape et al., 2002a). O volume de solo mobilizado pelo preparo em cada método é dependente da profundidade e das características do solo (Stape et al., 2002a; Souza, 2002).

Em geral, há uma relação positiva entre o volume de solo preparado e o ritmo de crescimento das plantas. Esse efeito já foi registrado por diversos pesquisadores. Poynton (1965) conduziu um experimento demonstrando que o

desenvolvimento de plantas de *Eucalyptus. saligna* foi diretamente influenciado pela intensidade de preparo de solo até os 6 anos após o plantio, e que o maior crescimento das plantas ocorreu onde houve maior intensidade de preparo de solo.

Suiter et al. (1980) testaram o efeito de quatro métodos de preparo do solo no crescimento de *Eucalyptus. grandis* na região de Várzea da Palma-MG. O solo na área de estudo era o Latossolo Vermelho e os tratamentos utilizados foram: gradagem, subsolagem de 3m em 3m mais grade entaipadora (bedding), subsolagem de 1m em 1m mais grade Bedding, e aração e gradagem. Os resultados demonstraram que aos 14 meses de idade, o volume de madeira e casca foi maior no tratamento com subsolagem de 1 em 1m, sendo este 112% maior do que no preparo convencional da época (aração e gradagem). Os autores creditaram estes resultados à eficiência do preparo com a subsolagem em solos compactados, possibilitando maior desenvolvimento do sistema radicular do eucalipto e, conseqüentemente, maior crescimento das árvores em altura e diâmetro.

Bassman (1989) estudou a influência de dois métodos de preparo do solo (escarificação e camalhão) no crescimento inicial de *Pinus* spp. No preparo com camalhão, a biomassa total foi 2,5 vezes superior à testemunha (sem preparo) e no preparo com escarificação a biomassa total foi 1,7 vezes superior à testemunha, indicando assim a influência do preparo de solo no crescimento do sistema radicular e na biomassa aérea das plantas.

Nzila et al. (1997) estudaram o efeito de três métodos de preparo de solo (sem subsolagem, subsolagem com uma haste e subsolagem com três hastes) e três métodos de manejo de resíduos (com serapilheira, serapilheira incorporada, e serapilheira queimada) no crescimento inicial de plantios de eucalipto no Congo. Para os tratamentos de resíduos, o melhor crescimento aos 11 meses foi para o tratamento com queima controlada, e o pior tratamento para a manutenção de resíduos, devido à baixa fertilidade do solo. Com relação ao preparo de solo, o maior crescimento ocorreu na subsolagem com três hastes e o menor crescimento foi onde não houve subsolagem. Segundo os autores, estes resultados indicam que há efeito favorável do preparo de solo no crescimento inicial do eucalipto, pois a subsolagem na entrelinha favorece a exploração do solo pelo sistema radicular das plantas e favorece a aeração do

solo e a decomposição da matéria orgânica, liberando nutrientes para as árvores.

Finger et al. (1996) constataram o efeito da subsolagem no crescimento do *E. grandis* até a idade de 3,5 anos em solo Podzólico com ocorrência de camada de impedimento, com 50% de ganho no Diâmetro na Altura do Peito (DAP) e 35% na altura, relativamente ao solo não preparado. Stape et al. (2002a) estudaram o efeito de três sistemas de limpeza de terreno, preparo de solo e fertilização em dois sítios com solos e produtividades distintas na região de Entre-Rios-BA, e constataram o efeito positivo do preparo de solo e fertilização no crescimento inicial do eucalipto até os 12 meses de idade. O preparo com subsolagem apresentou os maiores valores para altura das árvores nos dois sítios, comparado com o coveamento. No sítio com menor fertilidade do solo, a resposta à adubação e à queima dos resíduos foi maior do que no sítio mais fértil. Estes resultados demonstraram que o bom preparo do solo aumenta o crescimento inicial da cultura por proporcionar melhores condições de solo para crescimento radicular das árvores, que exploram um volume maior do solo e desta forma aumentam a sua área de absorção de água, possibilitando um menor estresse das plantas quando ocorrem déficits hídricos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio experimental foi instalado em outubro de 2006 em uma área de Cambissolo háplico no município de Arroio dos Ratos. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso com três repetições. O experimento foi acompanhado durante 12 meses, até setembro de 2007. As avaliações do desenvolvimento inicial do Eucalipto foram feitas aos 5 e 11 meses, e as avaliações de perda de solo foram realizadas durante todo o período.

3.1. Descrição da área experimental

O ensaio foi instalado em uma área experimental da Aracruz Celulose e Papel S. A. no Horto Florestal Faxinal, localizado no município de Arroio dos Ratos na região fisiográfica denominada Depressão Central. A área experimental está situada nas coordenadas 30°17'59" S e 51°39'43" W de Greenwich, a uma altitude de 125 m acima do nível do mar.

3.1.2. Clima

O clima da região onde foi instalado o experimento, segundo a classificação Köppen, é do tipo Cfa (subtropical úmido com verão quente). A temperatura média anual é de 14,9°C, sendo a média das mínimas de 14,8°C e a média das máximas 24,3°C. A precipitação pluvial média anual é de 1.335 mm, apresentando frequentemente, deficiência hídrica nos meses de novembro a março.

Na região do estudo ocorre um pequeno déficit hídrico durante os meses de novembro a março. As maiores precipitações ocorrem no período de inverno entre os meses de junho a setembro, com valores superiores a 120 mm (Figura 1).

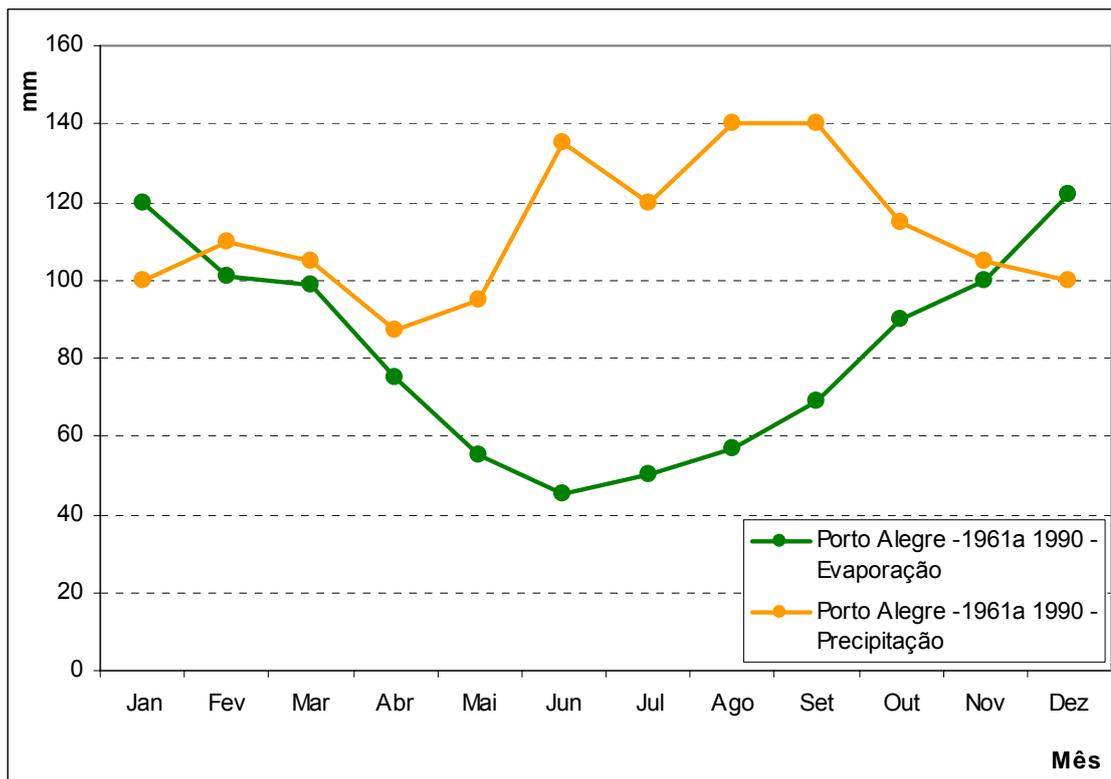


Figura 1. Normais climatológicas de evaporação e precipitação para a região da grande Porto Alegre – RS. Fonte: INMET (2007)

Para avaliar a precipitação mensal durante os 12 meses do estudo, utilizou-se um pluviômetro no local do ensaio. Na figura 2 é possível visualizar a distribuição da precipitação mensal durante o período de estudo, comparativamente com a precipitação histórica.

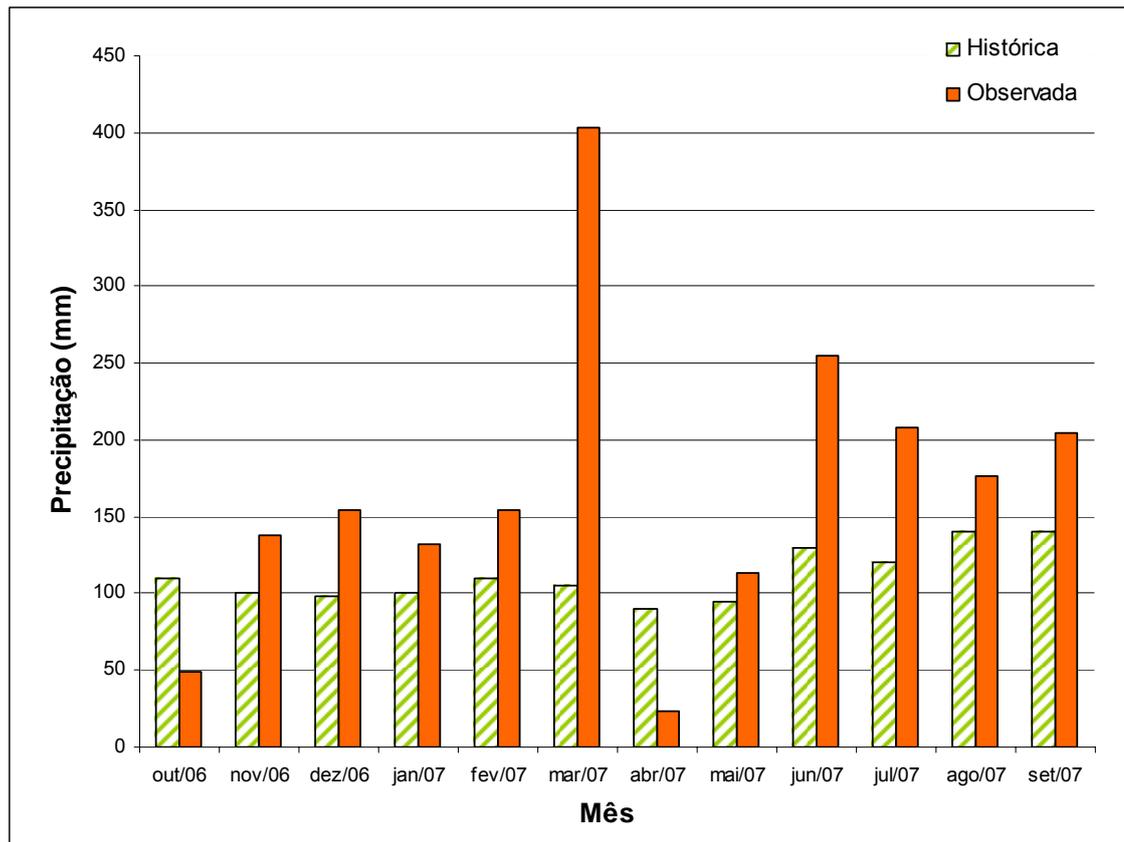


Figura 2. Precipitação mensal na área experimental durante o período de avaliação e precipitação histórica.

Com o pluviômetro instalado no local do experimento foi possível obter a precipitação mensal durante o período de estudo mas não a intensidade da chuva em mmh^{-1} , impossibilitando a estimativa da energia cinética da chuva. No entanto, calculou-se a média mensal do índice de erosão (EI) utilizando a fórmula proposta por Lombardi e Moldenhauer (1980), com base referente a 30 anos de precipitação no município de Arroio dos Ratos. A equação utilizada nesta estimativa foi:

$$EI = 67,355 (r^2/P)^{0,85}$$

Onde: EI é a média mensal do índice de erosão ($\text{MJ ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$); r é a precipitação média mensal (mm); e P é a precipitação média anual (mm).

A Figura 3 apresenta a estimativa mensal do índice de erosão durante o período de estudo. Os valores do EI acompanham a mesma tendência de distribuição dos valores de precipitação. Observa-se na Figura 2 que a chuva

acumulada no período observado foi de 952 mm acima dos valores da normal climatológica que é de 1335 mm.

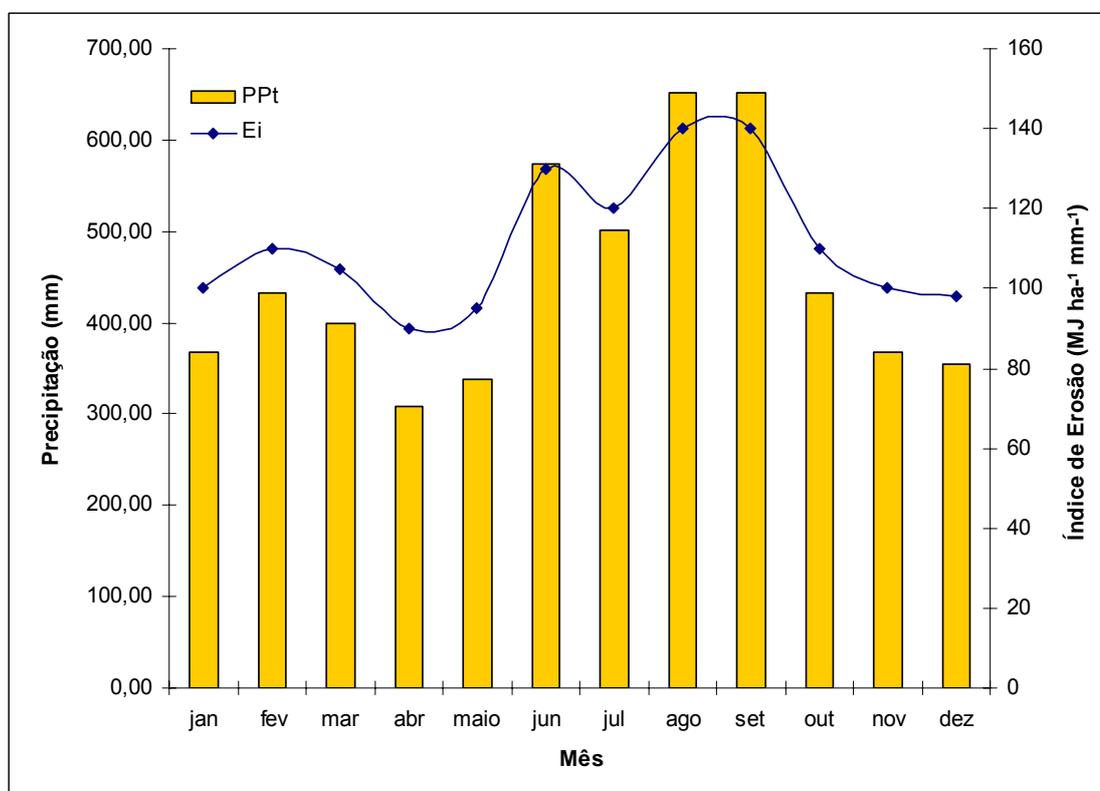


Figura 3. Índice de erosão médio mensal e precipitação mensal para o período de estudo na região de Arroio dos Ratos.

Observa-se que o valor da erosividade da chuva dessa região que é de $5.380,28 \text{ mm}^{-1}$ se enquadra na faixa de 5.000 a $12.000 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ que, normalmente, ocorre no Brasil (Cogo, 1988).

3.1.3. Geologia, topografia e vegetação

A área em estudo está localizada no extremo sul da bacia do Rio Jacuí apresentando as exposições de unidades pertencentes ao Escudo Rio-grandense. Essas unidades estão representadas principalmente pelas rochas metamórficas pertencentes ao Cinturão Tijucas e por rochas graníticas pertencentes ao cinturão Dom Feliciano (Aracruz, 2004).

O complexo Arroio dos Ratos (Aracruz, 2004) caracteriza-se por uma associação de ortognaisses de composição tonalítica e granodiorítica, com ocorrência subordinada de anfibolitos. As unidades do complexo ainda são

cortadas por granitóides de composição monzo a sienogranítica de idade Neoproterozóica.

O relevo no local de estudo é ondulado e fortemente ondulado com declividades médias e altas apresentando em formas arredondadas, sendo mais brusco para o Norte e suave na direção Leste. A altitude é em torno de 400 metros. Na área experimental as declividades variaram de 12% a 21% características dessa região.

A vegetação inicial do sítio era constituída de espécies oriundas da Floresta Estacional Semi-decidual, atualmente restrita a porções isoladas junto aos cursos d'água e relevos mais acentuados. Há campos limpos nas coxilhas e altos de morros, e campos sujos nas partes planas e úmidas, estando em conexão com vassourais. As formações florestais também variam. Ocorrem desde matas de galerias até matas latifoliadas subtropicais extensas. Ocorrem também capões e matas pequenas ao longo dos arroios e encostas das coxilhas. Recentemente a silvicultura de acácia e eucalipto vem se expandido devido a topografia acidentada que limita a pecuária e culturas anuais.

O uso do solo no local do estudo antes da implantação do povoamento florestal era de pastagem. A primeira implantação é datada de junho de 1992 onde foi desenvolvida uma floresta de *Eucalyptus grandis*. O método de preparo de solo utilizado na época foi o da subsolagem com três dentes na linha de plantio. A produtividade média de madeira com casca foi de $46 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. A floresta foi colhida com 15 anos e possuía um espaçamento médio de 3 metros entrelinhas e 2 metros entre plantas da mesma linha. Na colheita foi utilizado processador harvester para o corte e descascamento das árvores e para a retirada da madeira no interior do talhão foi utilizado forwarder (Figura 4).



Figura 4. Implemento Harvester (A) utilizado para o corte e descasque da madeira. A retira da madeira do talhão foi realizado com Forwarder (B)

O tráfego das máquinas foi feito entre as linhas de tocos no sentido do declive. Os resíduos da colheita que são constituídos por folhas, galhos menores que 15 cm de diâmetro, pontas de árvores e cascas foram mantidos no local e espalhados na área de maneira uniforme ficando todo solo coberto.

O plantio atual foi realizado em 10 de outubro de 2006 com mudas clonais de *Eucalyptus saligna*, cujo número de catálogo dentro da Aracruz é SAC 4039.

3.1.4. Solos e análises

O solo da área experimental foi classificado segundo o Levantamento Semidetalhado dos Solos de Hortos da Aracruz – Unidade Guaíba (2004) como Cambissolo Háplico Tb Distrófico léptico A proeminente textura média com cascalho/argilosa com cascalho e as características físicas e químicas do solo são apresentadas nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1. Atributos químicos do horizonte superficial do solo nas profundidades de 0 - 20 e 20 - 40cm, nas três repetições da área experimental.

Bloco	¹ Prof	Argila	pH	SMP	² M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	T
N°	cm	%	H ₂ O		%	- mg/dm ³ -		---- cmol _e /dm ³ ---			%
1	0-20	20	4,6	5,9	2,2	4,2	78	0,3	0,4	5,5	15,0
	20-40	18	4,6	5,8	1,7	2,5	57	0,2	0,4	5,9	10,0
2	0-20	22	4,6	5,6	2,2	3,3	60	0,1	0,3	7,4	8,0
	20-40	25	4,5	5,4	2,2	2,3	72	0,1	0,3	8,6	6,5
3	0-20	19	4,6	5,6	2,4	3,9	74	0,2	0,4	7,5	10,3
	20-40	20	4,6	5,6	2,0	2,6	71	0,1	0,4	7,3	8,8

1 – Profundidade; 2 – Matéria orgânica

Para determinação da densidade do solo, foram coletadas 16 amostras indeformadas em cilindros metálicos de volume conhecido (6,8 cm de altura e 8,4 cm de diâmetro, resultando em um volume de 375 cm³) em duas profundidades 0 – 20cm e 20 – 40cm.

Tabela 2. Atributos físicos do horizonte superficial do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40cm e declividade média, nas três repetições da área experimental.

Bloco	¹ Prof.	² Micro	³ Macro	⁴ Por. Total	Densidade	Declividade
N°	cm	-----	m ³ m ⁻³ -----		Mg m ⁻³	%
1	0 - 20	0,22	0,16	0,38	1,56	21,5
	20 - 40	0,18	0,22	0,40	1,56	21,5
2	0 - 20	0,20	0,25	0,45	1,60	12,3
	20 - 40	0,21	0,16	0,37	1,70	12,3
3	0 - 20	0,14	0,24	0,38	1,68	16,5
	20 - 40	0,16	0,22	0,38	1,69	16,5

1 – Profundidade; 2 – microporosidade; 3 – macroporosidade; 4 – porosidade total

Foi extraída uma amostra por profundidade e por parcela. Imediatamente após a extração, as amostras foram envoltas em papel alumínio. No laboratório de Física do Solo do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia/UFRGS, as amostras foram cuidadosamente retiradas da lata e do papel alumínio e saturada em água, pesada e logo em seguida colocada em mesa de tensão sob a pressão de -0.60 m de água durante 48 horas. Retirada da mesa de tensão, cada amostra foi pesada, colocada em estufa à 105 °C por

48 horas e novamente pesada. Com este procedimento determinaram-se os atributos densidade, macro, micro e porosidade do solo.

Para caracterização química foram retiradas 16 amostras compostas nas profundidades de 0 – 20cm e 20 – 40cm. As amostras coletadas foram enviadas para o Laboratório de Análises de Solos do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia/UFRGS.

As análises químicas do solo foram realizadas pelo laboratório de rotina do Departamento de Solos da UFRGS utilizando a metodologia descrita por Tedesco et al, (1995).

3.2. Descrição do delineamento experimental

3.2.1. Tratamentos experimentais

Os tratamentos escolhidos para o experimento foram baseados em práticas de manejo que são por vezes empregados no estabelecimento de povoamentos florestais. Por esse motivo foi montado um experimento que buscou analisar os efeitos dos diferentes tipos de preparos do solo para o cultivo de eucalipto no crescimento inicial das mudas e perdas por erosão de sedimentos, água e nutrientes. Os tratamentos utilizados no estudo são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Siglas e descrições dos tratamentos utilizados no experimento.

Sigla do tratamento	Método de preparo
SIR	Subsolagem interrompida com resíduo
SCR	Subsolagem contínua com resíduo
SSR	Subsolagem contínua sem resíduo
CME	Coveamento mecânico

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com três repetições. Os blocos foram demarcados aleatoriamente dentro do horto florestal. As dimensões das parcelas experimentais montadas foram de 6 x 22 m e foram compostas por duas linhas sendo que cada uma possuía 8 mudas

no espaçamento de 8,25 m², ocupando cada uma delas uma área de 132 m², totalizando cada bloco 492 m².

Para a confecção das covas foi utilizada uma broca com 45 cm de diâmetro acoplada em um trator Massey Ferguson 275 com 75 cv. A profundidade de trabalho da broca era de 60 cm. Para tracionar o subsolador de três hastes foi utilizado trator de esteira Komatsu D50 com 90 cv. A haste principal do subsolador possuía um comprimento de 65 cm e a largura da ponteira era de 7cm, as hastes secundárias possuíam 50 cm de profundidade com ponteiros de mesma dimensões da haste principal. As hastes secundárias têm como função fechar o sulco aberto pela haste principal, por isso são dispostas 50 cm atrás desta. Na parcela de preparo interrompido foi utilizado o mesmo subsolador, porém o implemento era levantado de 3 metros em 3 metros aproximadamente para dar descontinuidade para o preparo. O resíduo foi arrastado para fora das parcelas com o auxílio do subsolador que varreu a maior parte do resíduo para fora da parcela, as sobras foram retiradas manualmente no momento da instalação das parcelas. Todos os preparos foram realizados no sentido do declive em função da disposição dos tocos do ciclo anterior. (Figura 5)

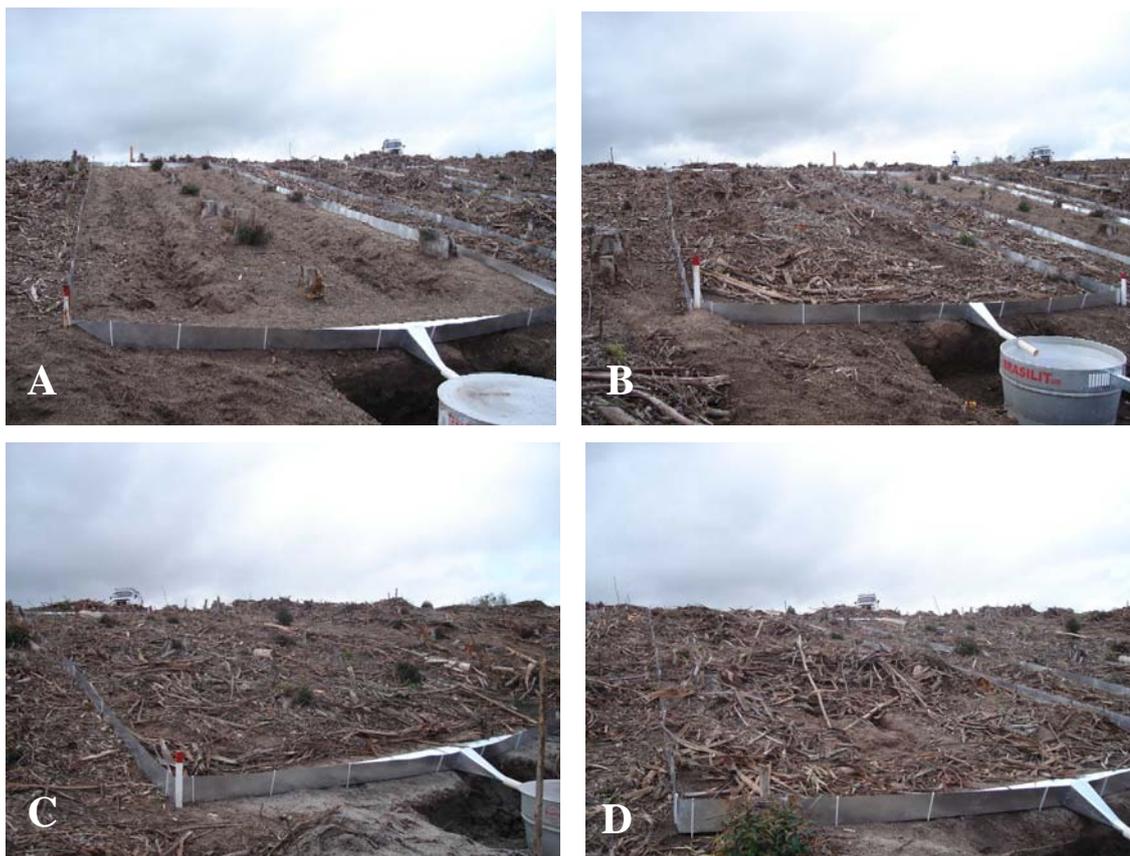


Figura 5. Aspecto gerais das parcelas; A - Subsolação sem resíduo (SSR); B - Subsolação interrompida (SIR); C - Coveamento mecanizado (CME); D - Subsolação contínua com resíduo (SCR).

Para correção da acidez do solo antes do preparo foi aplicado a lanço $1,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ de calcário dolomítico cujo PRNT era de 65%. Junto com o preparo de solo foram aplicados $0,4 \text{ Mg ha}^{-1}$ de fosfato natural reativo com 31,2% de P_2O_5 total. Nas parcelas de covas o fosfato foi colocado manualmente em doses de 360g por cova. Após o plantio foi realizada a adubação de arranque em covetas laterais, utilizando 110 g de adubo NPK 06:30:06 por planta. Aos quatro meses após o plantio foi aplicado 150 g de NPK 15:05:30 por muda distribuído na projeção da copa.

A área experimental foi mantida sempre livre de matocompetição, através do controle das ervas infestantes e eliminação das cepas utilizando herbicida à base de glifosato. Para o controle de formigas cortadeiras foi utilizado formicida cujo princípio ativo é a sulfluramida.

3.2.2. Avaliação dos resíduos da colheita

O resíduo florestal presente sobre o solo na época dos tratamentos era composto por galhos com diâmetro até 15 cm, casca e folhas oriundos da colheita mecanizada de árvores e que permanecem no interior do talhão espalhado de maneira uniforme. Para quantificar os resíduos deixados pela colheita foi utilizado um quadro de madeira de 0,49 m². Foram realizados quatro lançamentos de forma aleatória e coletados todos os resíduos encontrados no interior da área do amostrador. Os resíduos tiveram a sua umidade determinada, para obtenção do peso seco por hectare.

3.2.3. Volume mobilizado de solo

Para avaliar os efeitos dos diferentes métodos de preparo de solo na mobilização do solo foi mensurado o volume mobilizado de solo (VSM). O VSM foi determinado conforme a metodologia descrita por Sasaki (2005). O volume mobilizado de solo por hectare para o preparo de solo com subsolagem, foi baseado no espaçamento entre linhas de plantio, de acordo com a equação proposta por Wichert (2005):

$$VSM = \frac{ASM \cdot 10000}{L}$$

Onde: VSM = volume mobilizado de solo (m³ ha⁻¹), ASM = área mobilizada de solo (m²) e L = espaçamento entre linhas de plantio.

Para determinar a área mobilizada de solo foram realizadas sondagens transversais a cada 10 centímetros e com o auxílio de uma haste graduada foram mensuradas as profundidades de preparo em cada ponto. Para o cálculo da área mobilizada foi determinada a superfície de cada figura geométrica formada pela profundidade preparada e a distância entre pontos. Considerou-se área preparada aquela que não encontrou resistência a penetração da haste graduada.

Foram feitas sondagens transversais a cada 5 metros ao longo das linhas de preparo de todas as parcelas. O rompimento lateral observado foi de 50 cm para ambos os lados.

O VSM para o tratamento coveamento mecânico foi calculado pela fórmula:

$$\text{VSM} = \frac{\pi R^2 \cdot G \cdot 10000}{L \times E}$$

Onde: VSM = volume de solo mobilizado ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), G = profundidade da cova, L = espaçamento entre linhas de plantio e E = espaçamento entre plantas.

3.3.1. Perda de solo por erosão

A parcela “padrão” utilizada teve as dimensões de 6 x 22 metros sendo que a maior dimensão da parcela foi direcionada no sentido do declive. As parcelas foram cercadas com chapas galvanizadas de 40 cm de largura, enterradas a uma profundidade de 20 cm. Na extremidade inferior da parcela foram colocadas calhas coletoras para conduzirem a enxurrada até os tanques coletores. O sistema coletor era constituído de um tanque de sedimentação, com capacidade para 250 L, munido de um sistema divisor tipo Geib, de 15 janelas e um tanque coletor de água e sedimentos com capacidade para 500 L. A partir do sistema divisor, através de uma canaleta, a água e sedimentos foram conduzidos para o tanque coletor. Assim, após o enchimento do tanque de sedimentação 1/15 de água da enxurrada foi conduzida para o segundo tanque. Dentro do tanque de sedimentação foi colocado um recipiente, para coleta de sedimentos. As coletas foram realizadas a cada evento de chuva onde eram registradas as precipitações, peso da água e peso do sedimento. Antes da coleta a água era agitada e somente então se retirava a amostra para sedimentação. As amostras foram enviadas ao Laboratório de Física do Solo da UFRGS para a quantificação de solo suspenso na solução coletada. Para precipitar o sedimento das amostras foi acrescentada 10 ml de solução contendo Alúmen de potássio. Os sedimentos foram secos em estufa a 60 °C por 12 horas e posteriormente pesados. Os sedimentos depositados nos

recipientes dentro do tanque foram retirados e secos em estufa para posterior pesagem.

3.3.2. Perda de água por erosão

A água armazenada nos tanques foi retirada com auxílio de um balde e posteriormente pesada em uma balança aferida (Figura 6). A altura da coluna de água foi medida com trena. A determinação do peso de água das amostras foi feito pela diferença dos pesos do material depositado no fundo dos potes pelo Alúmen de potássio.

A Figura 6 ilustra a disposição das parcelas no bloco e detalhe da instalação dos tanques e coleta dos dados.

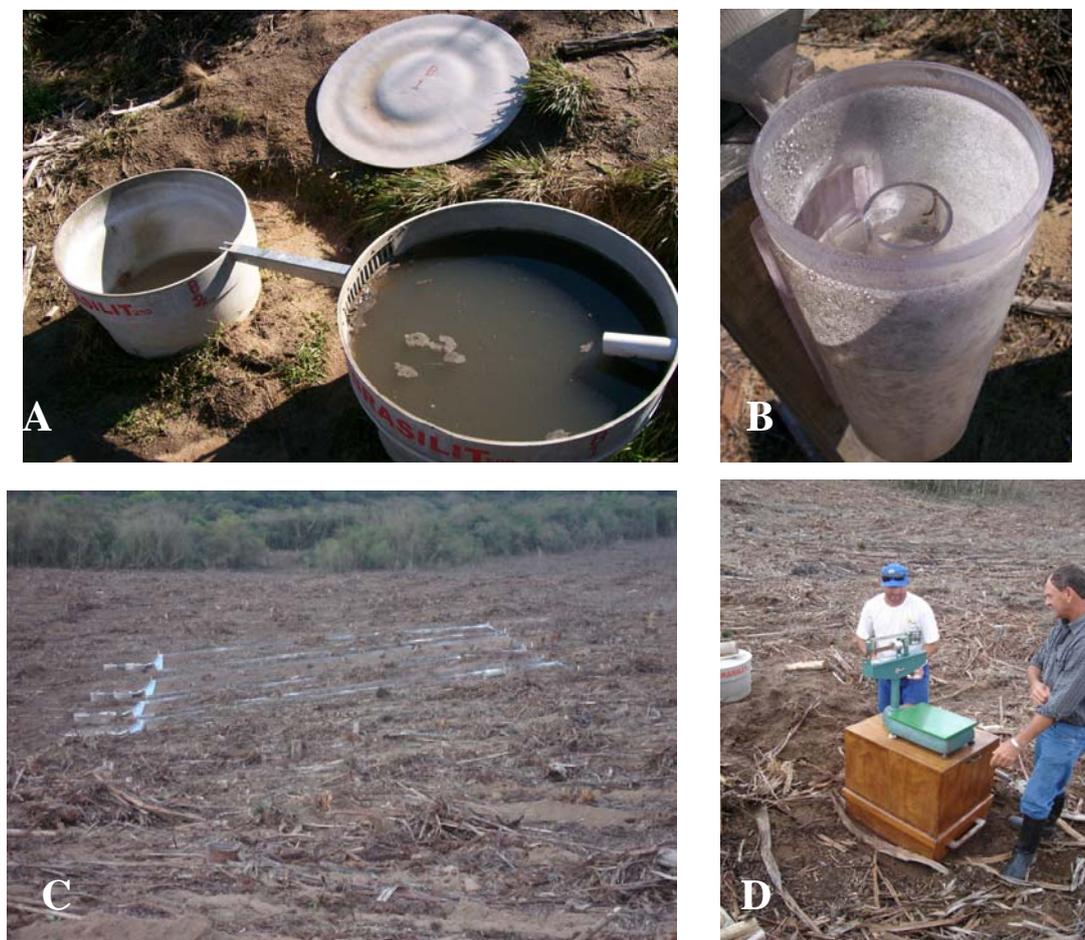


Figura 6. Visão geral das parcelas com os tanques de sedimentação (A); Pluviômetro (B); Vista geral das parcelas (C); Balança para pesagem (D).

Foram instaladas quatro parcelas aleatoriamente no bloco para a avaliação da erosão. As coletas de água foram realizadas entre outubro de 2006 a setembro de 2007. Após as coletas e medições os tanques eram esvaziados e limpos, os valores de perda de solo e água anotados.

3.3.3. Perda de nutrientes por erosão

Em um período correspondente a 12 meses foram registrados 27 eventos com coleta de dados das parcelas padrão, sendo que as coletas de amostras de solo e de água foram feitas dentro dos tanques coletores da parcela-padrão utilizada. As amostras coletadas foram enviadas para o laboratório de análise de solo do Departamento de Ciências do Solo da UFRGS para determinação dos teores de K, Ca, Mg, Cu, Fe e B segundo a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

Foram enviadas amostras para análise química de 11 eventos significativos, que foram os dias: 12/10/2006, 17/10/2006, 07/11/2006, 20/11/2006, 27/11/2006, 01/12/2006, 22/12/2006, 26/12/2006, 05/05/2007, 18/05/2007 e 19/06/2007.

Para cálculo da quantidade de nutrientes erodidos pela água e solo no período de 12 meses, foi considerada a média das concentrações químicas dos eventos anteriores e posteriores para os eventos onde não foi feita a análise química do material erodido. Calculou-se a perda anual de nutrientes pela soma das perdas das 27 coletas de erosão ocorridas e analisadas quimicamente.

3.4. Avaliação do desenvolvimento inicial do eucalipto

Foram realizadas medições de altura, diâmetro da copa na linha de plantio, e diâmetro da copa na entrelinha, de todas as árvores da parcela útil aos 7 e 11 meses de idade do *Eucalyptus saligna*.

3.4.1. Índice de copa

O índice de copa (ICOP) representa a superfície exposta de um cone com diâmetro da base igual ao diâmetro da copa da árvore, e altura igual a altura da árvore (Poggiani; Stape, 2003).

A mensuração da altura da árvore e do diâmetro da copa foi feita com o uso de uma régua topográfica. Para o diâmetro da copa foram utilizadas duas medições perpendiculares por árvore. Foram medidas todas as árvores da parcela útil do experimento totalizando 16 plantas por parcela. O Índice de copa (ICOP) foi calculado pela equação:

$$ICOP = \frac{D}{2} \sqrt{H^2 + \frac{D^2}{4}}$$

Onde: D = (diâmetro da copa na linha de plantio + diâmetro da copa na entrelinha)/2 e H = altura da árvore (m)

3.4.2. Biomassa da parte aérea

A biomassa da parte aérea foi obtida pela soma da biomassa de galho, folhas, casca e de lenho. Estas biomassas foram obtidas através de derrubada de 12 árvores no sétimo mês e 12 árvores no décimo primeiro mês. As árvores derrubadas tinham a altura igual a altura média de cada parcela útil amostrada.

3.4.3. Teores de nutrientes da biomassa

A biomassa das árvores derrubadas foram pesadas no campo e uma amostra foi levada para o laboratório para secagem em estufa em temperatura de 106 °C por 8 horas até peso constante. Após as amostras foram trituradas e enviadas para o Laboratório de Ecologia Florestal da UFSM para a análise dos teores de P, K, Ca, Mg, Cu, Fe e B segundo a metodologia descrita por Tedesco et al.(1995). Estes dados foram utilizados para estimar os teores de nutrientes da biomassa total.

3.4.4. Balanço nutricional no primeiro ano de cultivo do eucalipto.

Para realizar um balanço nutricional, entre as entradas e as saídas de nutrientes no primeiro ano de cultivo do eucalipto, foram calculadas as entradas de nutrientes via fertilização e precipitação e as saídas de nutrientes no solo erodido, na enxurrada e pela remoção dos resíduos.

Para avaliar a contribuição de nutrientes ao solo via precipitação, foram coletadas 12 amostras de chuva para fazer análises químicas de macro e micronutrientes. As análises foram realizadas pelo Laboratório de Ecologia Florestal do Departamento de Ciências florestais da UFSM segundo metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

3.4.5. Análise estatística

Todas as variáveis foram analisadas através do pacote estatístico SAS 8.1, sendo o teste de comparação de médias, Duncan, utilizado ao nível de 5% de significância para controle do erro tipo I. Foi utilizado teste de Tukey, a 5% de probabilidade, para a comparação das médias dos terores de nutrientes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Segundo as análises há a necessidade de elevar os teores de N. O teor de K é considerado médio e os teores de P são muito baixos ou limitantes para o adequado desenvolvimento do povoamento florestal.

Como mostra a Figura 7, os valores de macroporosidade apresentados estão no limite e acima das condições ideais descritas por Baver (1972), que observou que os valores críticos de macroporosidade estão abaixo de 0,10 e 0,16 m^3m^{-3} , e acima das condições ideais de macroporosidade determinadas por Da Ros et al. (1997), que observaram que as condições ideais estão na faixa de 0,09 a 0,12 m^3m^{-3} , podendo a redução da macroporosidade causar um decréscimo da permeabilidade do solo.

A reestruturação do solo depende do sistema de manejo usado no preparo. Observa-se na Figura 7 que 7 meses depois do preparo de solo o tratamento CME apresentou valores de macroporosidade mais próximos aos observados antes do preparo na camada de 0 a 20 cm. Para os demais tratamentos o efeito da subsolagem ainda está evidente, pois os valores de macroporosidade estão acima dos observados antes do preparo.

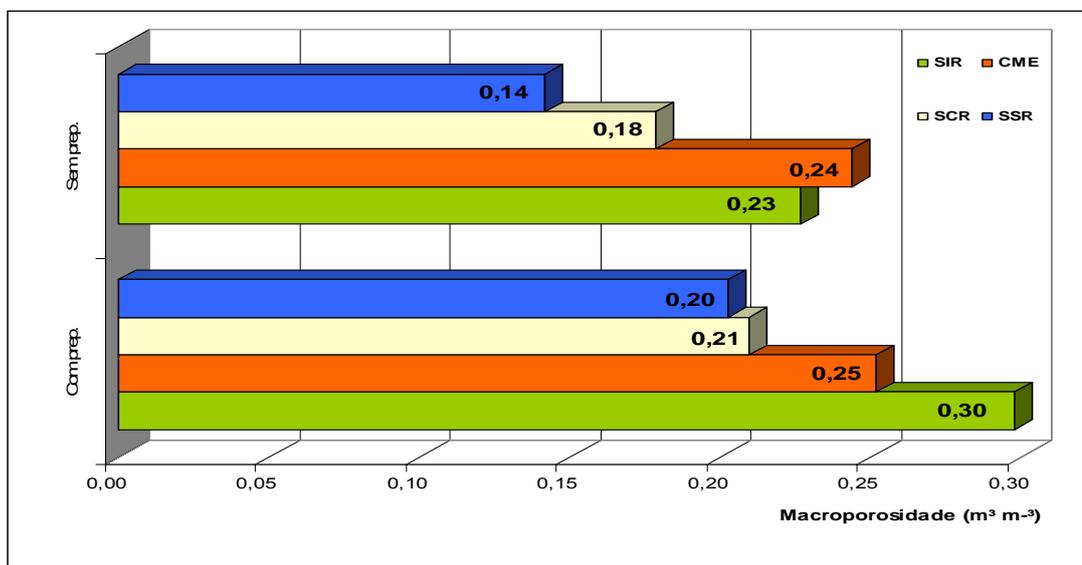


Figura 7. Efeito do preparo de solo na Macroporosidade após 7 meses na camada de 0 a 20 cm.

Os valores iniciais da densidade de solo das parcelas estão acima do valor estipulado por Borges et al. (1986) que observaram que densidades

superiores a $1,15 \text{ g cm}^{-3}$, em solos com textura muito argilosa, reduziram os teores de nutrientes na parte aérea de plantas de *Eucalyptus* sp. Os valores da densidade observados após 7 meses estão na Figura 8.

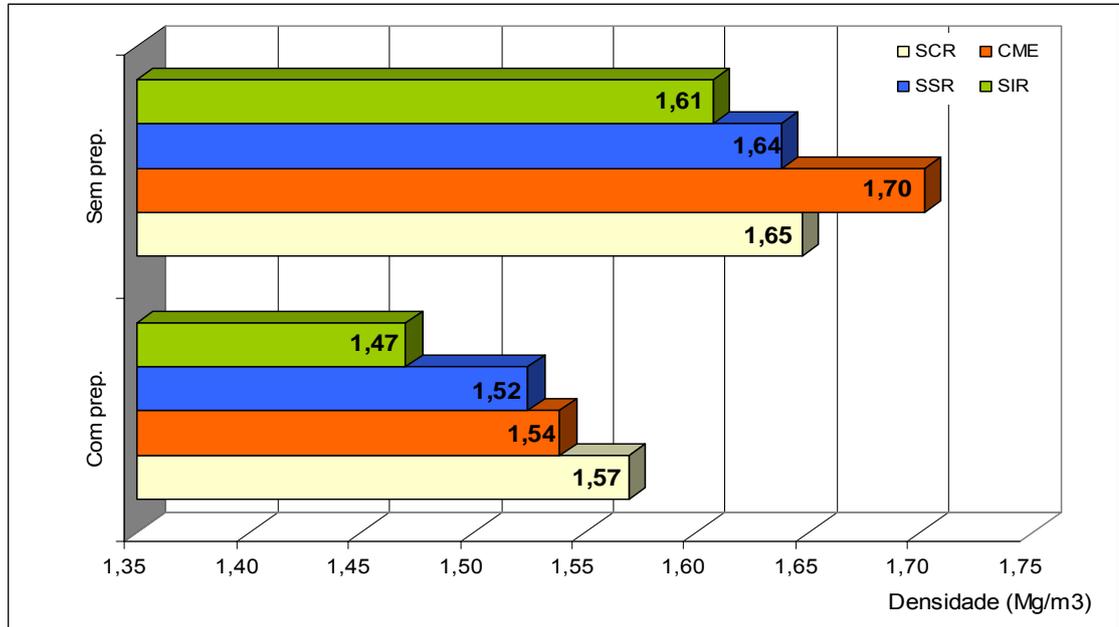


Figura 8. Efeito do preparo de solo na Densidade do solo após 7 meses na camada de 0 a 20 cm.

De acordo com Bertol e Cogo (1996) a presença do resíduo constitui em uma maneira eficaz e econômica de controle da erosão hídrica do solo. A eficácia dos resíduos depende de fatores como: tipo, quantidade, percentagem de cobertura de solo e ainda o estágio de decomposição dos mesmos sobre o solo.

A quantidade de resíduo gerado nas áreas de reforma dos povoamentos florestais é influenciada pela idade de corte da floresta e pelo sistema de colheita. Povoamentos mais antigos via de regra geram quantidades maiores de resíduos. Colheitas realizadas para produção de produtos sólidos de madeira geram mais resíduos se comparadas a sistemas cujo objetivo final é a celulose ou madeira para energia.

A coleta dos resíduos nos talhões foi realizada aproximadamente 45 dias depois da colheita. Os valores encontrados da biomassa dos resíduos variaram de $28,8 \text{ Mg ha}^{-1}$ a $43,6 \text{ Mg ha}^{-1}$. O valor médio calculado foi de $35,9 \text{ Mg ha}^{-1}$ de resíduos deixados pela colheita mecanizada no sistema “harvester-forwarder”.

A biomassa dos resíduos é constituída de pontas de galhos, folhas e cascas espalhados uniformemente na área.

Cavichiolo (2005) quantificou os resíduos de uma floresta de *Pinus taeda* com 16 anos colhida em um sistema “Feller-Skider”, os valores variaram de 20 a 25 Mg/ha de resíduos que permaneceram no interior do talhão.

4.1. Volume de solo mobilizado

Os resultados da Área de Solo Mobilizado (ASM) e do Volume de Solo Mobilizado (VSM) para os 4 tratamentos são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Área da secção transversal mobilizada de solo (ASM) e volume de solo mobilizado (VSM) nos tratamentos de preparo de solo.

Sigla	Preparo de solo	ASM	VSM
		m ²	m ³ ha ⁻¹
SSR	Subsolagem contínua sem resíduo	0,41 a	1380,0 a
SCR	Subsolagem contínua com resíduo	0,32 b	1080,0 b
SIR	Subsolagem interrompida com resíduo	0,29 c	1018,3 c
CME	Coveamento mecânico	0,16 d	77,3 d

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Duncan (P<0,05).

A área da secção mobilizada de solo com o coveador mecânico apresentou contraste se comparado com as subsolagens. O menor revolvimento de solo torna o coveamento mecânico uma alternativa para relevos acidentados pelo seu baixo volume de solo mobilizado. A grande quantidade de resíduos obriga o trator continuamente levantar a haste subsoladora por essa razão os valores dos tratamentos SCR e SIR são bem semelhantes, porém estatisticamente diferentes pelo teste de Duncan. A subsolagem contínua sem resíduos mostrou-se uma das formas mais intensas de preparo, pois a retirada dos resíduos facilitou o preparo dando melhores condições de trafegabilidade para o trator e evitou o embuchamento de cascas e galhos nas hastes. Portanto o efeito do resíduo no preparo de solo diminuiu o mobilizado de 0,41 m³ para 0,32 m³ por metro avançado do trator.

4.2. Perdas por escoamento superficial

4.2.1. Perdas de solo

Os dados de perdas de solo por erosão nas parcelas durante o período observado estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Perdas de solo por erosão nas parcelas durante o período de avaliação e precipitação anual medida.

Meses	Perdas de solo observada (Mg ha ⁻¹)				Precipitação total (mm)
	Tratamentos				
	SIR	SSR	SCR	CME	
Outubro	0,00	0,01	0,00	0,00	49
Novembro	0,12	0,50	0,30	0,00	138
Dezembro	0,10	0,90	0,01	0,00	154
Janeiro	0,20	0,14	0,20	0,00	132
Fevereiro	0,20	0,80	0,20	0,01	154
Março	0,31	4,45	0,49	0,04	403
Abril	0,00	0,00	0,00	0,00	22
Maiο	0,09	0,4	0,10	0,00	113
Junho	0,04	1,38	0,08	0,00	255
Julho	0,16	1,92	0,12	0,01	208
Agosto	0,10	0,16	0,01	0,00	177
Setembro	0,07	0,39	0,06	0,08	204
Total	1,39	11,05	1,57	0,16	2010

SIR = subsolagem interrompida com resíduos; SSR = subsolagem contínua sem resíduos; SCR = subsolagem contínua com resíduos e CME = coveamento mecânico

As perdas anuais de solo observadas variaram de 0,16 Mg ha⁻¹ para a área coveada até 11,05 Mg ha⁻¹ para o preparo realizado na parcela sem resíduo. A subsolagem sem resíduo (SSR) apresentou perdas de solo acima da tolerância estimada como aceitável por Lombardi Neto e Bertoni (1975), com modificações de Bertol e Almeida (2000) onde os valores de perdas de solo para Cambissolo variam de 6,3 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ a 7,2 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. A prática de preparo mais conservacionista foi o coveamento mecanizado (CME) cuja perda de solo foi de 0,16 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. As perdas por erosão dos tratamentos

com subsolagem onde não houve a retirada do resíduo apresentaram valores bem semelhantes. A subsolagem interrompida com resíduo (SIR) apresentou perdas de solo por erosão de $1,39 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e na subsolagem contínua com resíduo (SCR) de $1,57 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. As perdas de solo quantificadas nos tanques coletores dos tratamentos SIR e SCR foram baixas, porém ocorreram processos erosivos no interior das parcelas. Os sedimentos foram sendo acumulados onde o preparo foi interrompido pelo acúmulo de resíduo (Figura 9).



Figura 9. Efeito do resíduo no transporte de sedimentos nos tratamentos SCR (A) e SSR (B).

Nesse caso pode-se observar a importância da manutenção dos resíduos no interior do talhão, pois o tratamento SSR apresentou perdas de solos que extrapolaram os limites de tolerância de perdas de solo propostos por Lombardi Neto Bertoni (1975), com modificações de Bertol e Almeida (2000) e Galindo & Margolis (1989), modificado por Bertol & Almeida (2000). As perdas de solo mais significativas ocorreram com precipitações mensais maiores que 200 mm (Figura 10).

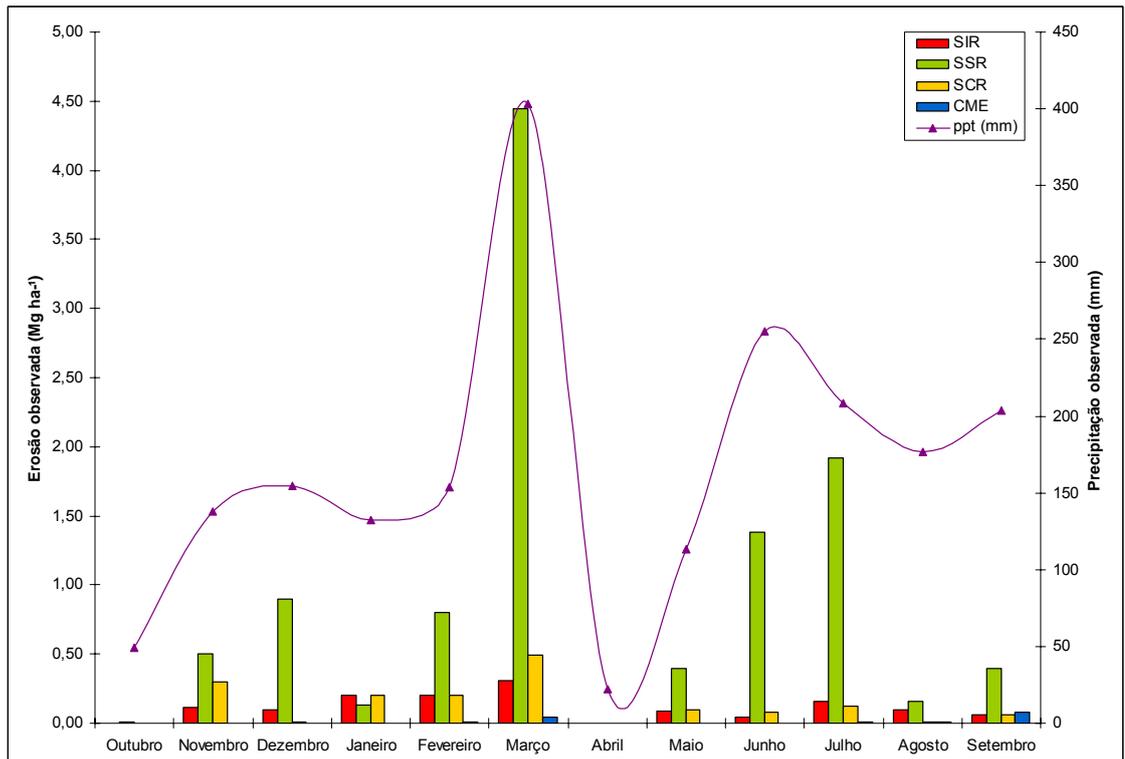


Figura 10. Erosão mensal observada dos eventos registrados.

4.2.2. Perdas de água

Os dados de perdas de água por enxurrada nas parcelas durante o período analisado estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Perda de água por escoamento superficial durante o período de avaliação e precipitação anual medida.

Meses	Perda da água por escoamento superficial								Ppt* total
	----- Tratamentos -----								
	SIR		SSR		SCR		CME		(mm)
(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)		
Outubro	0,7	1,0	0,9	1,3	0,8	1,1	0,7	1,0	49
Novembro	2,5	1,7	3,1	2,0	2,8	1,8	2,6	1,7	138
Dezembro	4,8	2,6	8,4	4,8	4,5	2,6	5,7	3,0	154
Janeiro	3,0	2,1	6,3	4,2	2,8	2,0	3,3	2,3	132
Fevereiro	2,3	1,5	4,5	2,8	2,4	1,5	2,4	1,6	154
Março	5,5	1,4	14,1	3,5	7,8	1,9	5,3	1,3	403
Abril	0,6	2,8	1,2	5,6	0,5	2,1	0,6	2,7	22
Maiο	1,6	1,4	2,8	2,5	1,4	1,2	1,4	1,3	113
Junho	1,6	0,6	17,8	7,0	3,0	1,2	2,3	0,9	255
Julho	3,0	1,3	15,8	7,0	3,7	1,8	3,0	1,3	208
Agosto	3,0	1,7	8,4	4,7	2,8	1,5	2,1	1,2	177
Setembro	2,3	1,3	14,7	8,2	2,7	1,5	2,5	1,4	204
Total	30,8		98,1		35,1		32,0		2010

Ppt = precipitação; SIR = subsolagem interrompida com resíduos; SSR = subsolagem contínua sem resíduos; SCR = subsolagem contínua com resíduos e CME = coveamento mecânico

Os valores do escoamento superficial foram maiores para a subsolagem contínua sem resíduo (SSR). Os valores dos demais tratamentos onde o resíduo permaneceu no campo foram parecidos. De acordo com Cogo et al. (2003), a cobertura do solo proporcionada por resíduos culturais deixados na superfície do mesmo tem ação direta e efetiva na redução da erosão hídrica. Isso se relaciona à dissipação de energia cinética das gotas de chuva, a qual diminui a desagregação das partículas do solo e o selamento superficial e aumenta a infiltração de água. Na figura 11 observa-se que nos dois primeiros meses o escoamento superficial foi similar para os quatro tratamentos, porém a partir do terceiro mês a perda de água na parcela da subsolagem sem

resíduo (SSR) foi 32% maior se comparada as parcelas do tratamento CME. As maiores diferenças entre o tratamento SSR e os tratamentos onde houveram a manutenção dos resíduos encontra-se no período compreendido entre os meses de junho a setembro. A perda de água no tratamento SSR foi 11 vezes maior do que a registrada no tratamento SCR no mês de junho.

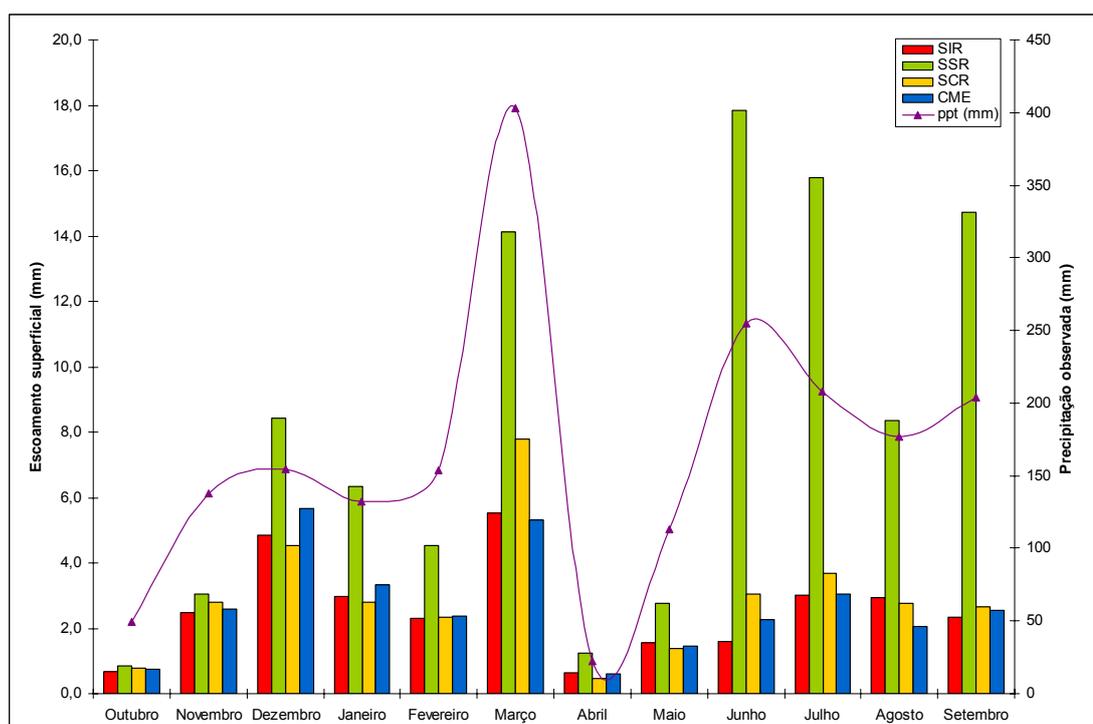


Figura 11. Escoamento superficial dos eventos observados (ppt = precipitação; SIR = subsolagem interrompida com resíduos; SSR = subsolagem contínua sem resíduos; SCR = subsolagem contínua com resíduos e CME = coveamento mecânico)

4.2.3. Perdas de solo total no período estudado

A amplitude da erosão observada foi semelhante à obtida por Lima (1988) para o primeiro ano de cultivo de *Eucalyptus grandis* em Neossolo quartzarênico e semelhante também às perdas de solo observadas por Silva et al. (1992) em sistemas agrícolas de cultivo convencionais (Figura 11).

Os valores de perda de solo nas parcelas coveadas foram menores se comparados aos trabalhos de Cardoso (2003) que em um solo Argissolo moderadamente rochoso com plantio de eucalipto com 2 anos de idade, implantado com cova manual na região de Aracruz-ES, mensurou a erosão em

uma área de 28,8% de declividade, e observou uma perda de solo de 2,38 Mg ha⁻¹ano⁻¹. Valor semelhante ao encontrado por Wichert (2005) que observou perdas de solo de 2,40 Mg ha⁻¹ano⁻¹ com coveamento mecânico em um Argissolo vermelho amarelo na região do Vale do Paraíba-SP. Martins (2005) determinou perdas de solo em sistemas de coveamento manual em solos coesos nos tabuleiros costeiros do Espírito Santo de 0,69 Mg ha⁻¹ no primeiro ano de plantio para declividade de 1,8% 1,77 Mg ha⁻¹ para declive de 1,3% e 3,2 Mg ha⁻¹ para rampa com declive de 28,8%. O valor de perda de solo no tratamento CME foi menor mesmo comparando o tratamento com menor declividade. Em todos os trabalhos a floresta foi cortada com 7 anos. Na Figura 12, esses resultados podem ser vistos graficamente.

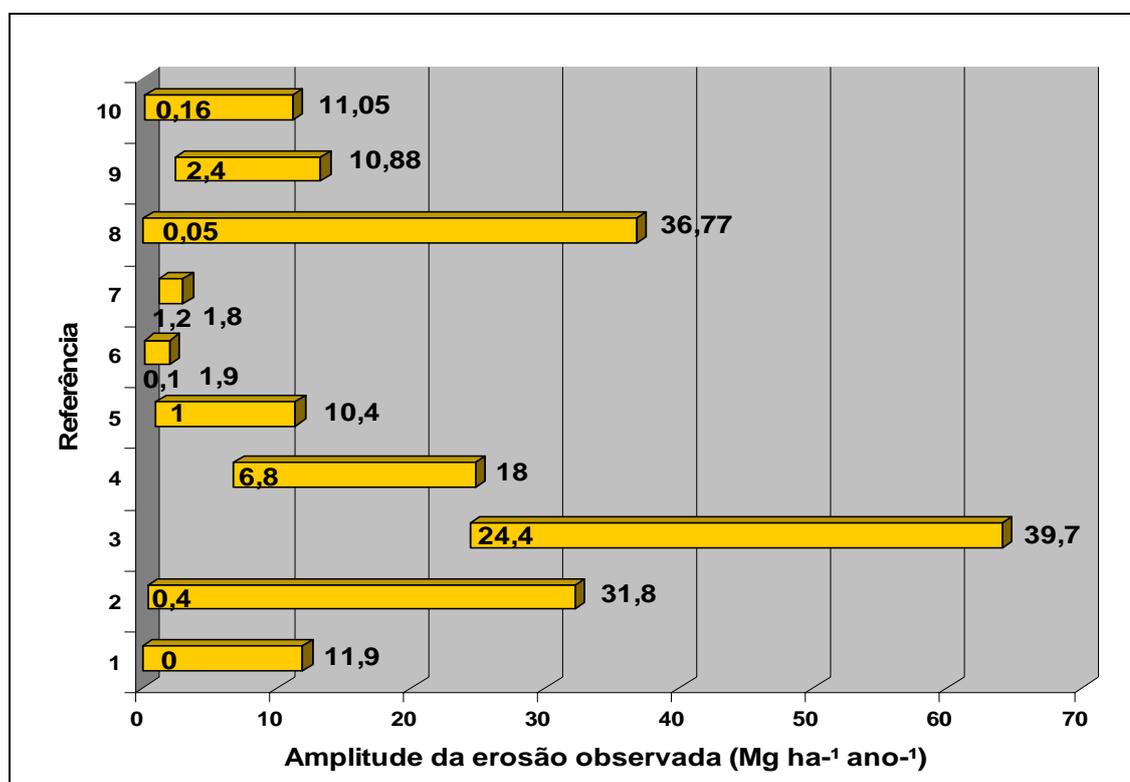


Figura 12. Amplitude da erosão observada por outros autores em comparação aos obtidos na área experimental do presente trabalho (10); (1 e 2 – Silva et al., 1992 apud Martins 2003; 3 e 4 – Bono et al., 1994; 5 – Lima, 1988; 6 – Hernani et al., 1987; 7 – Martins et al., 2003; 8 – Cardoso, 2003; 9 – Wichert, 2005)

Brito (2004) avaliando a erosão na fase inicial de um plantio de eucalipto em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, com 36,4% preparado na direção do declive com queima de restos culturais, na região de Guanhães-MG,

observou, pelo método da parcela padrão uma perda de solo de 0,81 Mg ha⁻¹ em 14 meses de avaliação, este valor é muito inferior ao tratamento SSR que apresentou perdas de 11,05 Mg ha⁻¹ano⁻¹. No mesmo período o valor de perda de solo para preparo na direção do declive sem queima de resíduo foi de 0,39 Mg ha⁻¹, também inferior ao encontrado no tratamento de SCR. Isso pode ser explicado em função das melhores características físicas do Latossolo com relação ao Cambissolo da área experimental onde foi instalado o experimento.

Assim, os resultados observados nas parcelas indicam que a probabilidade de erosão é maior com a subsolagem sem resíduo se comparada ao coveamento mecanizado com a manutenção do resíduo.

4.2.4. Perdas de nutrientes por erosão e escoamento superficial

Os resultados da estimativa de perdas de nutrientes por erosão são apresentados na Tabela 7. Esses dados são referentes às análises químicas das amostras de solo e água amostrados nos tanques coletores e de sedimentação das parcelas padrão.

Tabela 7 – Perda de nutrientes por escoamento superficial e erosão.

Trat.	Erosão ¹ Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹	Es ² mm	Perdas de nutrientes						
			P	K	Ca	Mg	Cu	B	Fe
			Kg ha ⁻¹ ano ⁻¹						
Água									
SIR	1,39		0,06	0,72	0,16	0,05	0,0015	0,0008	0,02
SSR	11,05		0,03	1,05	0,28	0,08	0,0007	0,0029	0,07
SCR	1,57		0,01	0,75	0,15	0,03	0,0002	0,0019	0,03
CME	0,16		0,01	0,73	0,11	0,02	0,0001	0,0014	0,01
Solo									
SSR		98,1	0,79	1,3	2,6	2,5	0,012	0,010	28,3
SCR		35,1	0,07	0,1	0,2	0,2	0,001	0,001	2,57
SIR		30,8	0,06	0,1	0,2	0,2	0,001	0,001	2,26
CME		32,0	0,01	0,0	0,0	0,0	0,000	0,000	0,50
Totais									
SSR			0,82	2,38	2,85	2,59	0,0128	0,0126	28,4
SIR			0,12	0,82	0,18	0,25	0,0025	0,0016	2,28
SCR			0,08	0,87	0,38	0,25	0,0013	0,0027	2,59
CME			0,02	0,73	0,11	0,02	0,0001	0,0014	0,52

1- Erosão observada nas parcelas; 2 – Escoamento superficial SIR = subsolagem interrompida com resíduos; SSR = subsolagem contínua sem resíduos; SCR = subsolagem contínua com resíduos e CME = coveamento mecânico

Os nutrientes mais removidos pela enxurrada foram em ordem decrescente: K > Ca > Mg > Fe > P > B > Cu. O tratamento SIR apresentou perdas maiores de P pois a aplicação desse elemento não ocorre de maneira uniforme nesse sistema de preparo. No momento da interrupção uma porção de fosfato fica concentrada na superfície do talhão podendo ser arrastada pelo escoamento superficial. A subsolagem sem resíduo (SSR) apresentou as maiores perdas de nutrientes com exceção do P pois não houve interrupção do preparo de solo e conseqüentemente o fosfato não ficou exposto no solo. O tratamento CME apresentou as menores perdas para P, Ca, Mg, Cu, B e Fe. As perdas de K foram similares nos tratamentos SIR, SCR e CME.

Os nutrientes mais removidos com os sedimentos foram, em ordem decrescente: Fe > K > Ca > Mg > P > Cu > B. O tratamento SSR apresentou as maiores perdas por erosão para todos os nutrientes analisados. As perdas na subsolagem sem resíduo (SSR) foram aproximadamente dez vezes maiores. Os tratamentos SCR e SIR apresentaram perdas de nutrientes por erosão muito semelhantes. Os menores teores perdidos foram observados no tratamento CME.

De maneira geral, houve uma tendência de aumentar a perda de nutrientes pela erosão com o aumento da intensidade de preparo de solo.

4.3. Dendrometria do Eucalipto

4.3.1. Desenvolvimento inicial

Os resultados do desenvolvimento inicial do *Eucalyptus saligna* por tratamento são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Desenvolvimento do *Eucalyptus saligna* por tratamento durante o período de estudo.

Tratamento	Idade (meses)	
	7	11
Cobertura ($m^2 m^{-2}$)		
SSR	0,20 a	0,25 a
SIR	0,20 a	0,21 b
SCR	0,20 a	0,20 c
CME	0,09 b	0,10 d
ICOP (m^2)		
SSR	4,7 a	4,8 a
SIR	3,7 b	3,7 b
SCR	3,5 b	3,6 b
CME	0,9 c	1,0 c
Altura (m)		
SSR	3,1 a	3,3 a
SIR	2,9 b	3,1 b
SCR	2,8 b	2,9 b
CME	1,7 c	1,8 c

SIR = subsolagem interrompida com resíduos; SSR = subsolagem contínua sem resíduos; SCR = subsolagem contínua com resíduos e CME = coveamento mecânico

Os valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Duncan ($P < 0,05$).

Para os tratamentos com subsolagem (SSR, SIR e SCR) não houve diferença para os valores de cobertura no sétimo mês. Em ambas as avaliações houve contraste apenas entre os tratamentos com a parcela coveada em comparação aos três tratamentos com subsolagem. Na primeira

avaliação a cobertura das parcelas coveadas foi 45% das parcelas subsoladas sem resíduo (SSR).

Para o índice de copa houve diferença entre os tratamentos SSR e CME. Não houve diferença entre os tratamentos SIR e SCR.

A subsolagem sem resíduo (SSR) apresentou maiores valores de altura. A maior diferença em altura foi entre o tratamento SSR e o MEC. Na primeira avaliação as plantas das parcelas SSR apresentaram crescimento em altura 45% maior se comparada as plantas das parcelas do tratamento CME. Na segunda avaliação a diferença permaneceu a mesma (Tabela 8).

Para a maioria das variáveis a subsolagem sem resíduo (SSR) apresentou maiores valores para as variáveis estudadas. O coveamento apresentou valores bem inferiores e contrastantes mesmo se comparado à subsolagem interrompida (SIR) e subsolagem com resíduo (SCR). Esse fato pode ser explicado pelo reduzido volume de solo que o coveamento proporciona.

Cavichiolo (2005) estudando o crescimento inicial de *Pinus taeda* implantado por diferentes preparos de solo não achou diferença entre as alturas das mudas coveadas, as plantadas no sistema de subsolagem e as plantadas sem preparo algum.

4.3.2. Biomassa da parte aérea

Os resultados da biomassa estão apresentados na Tabela 9. A biomassa total das mudas plantadas nas parcelas sem resíduo (SSR) foi 80% maiores se comparadas ao tratamento CME. A subsolagem contínua e sem resíduo apresentou as maiores médias em todos os compartimentos estudados. Foi significativa também a diferença entre a SSR e os demais tratamentos. O tratamento SSR apresentou menores incrementos de biomassa entre as medições realizadas no sétimo e décimo primeiro mês. A biomassa do tratamento SSR aumentou 9% no décimo primeiro mês, já os tratamentos SCR, SIR e CME apresentaram incrementos de 22,8%, 22,5% e 21,0% respectivamente. A Tabela 9 mostra que houve diferença significativa entre os compartimentos folha e lenho dos tratamentos SIR e SCR, no entanto essa diferença deixa de existir no décimo primeiro mês.

Tabela 9. Biomassa de *Eucalyptus saligna* por tratamento durante o período de estudo.

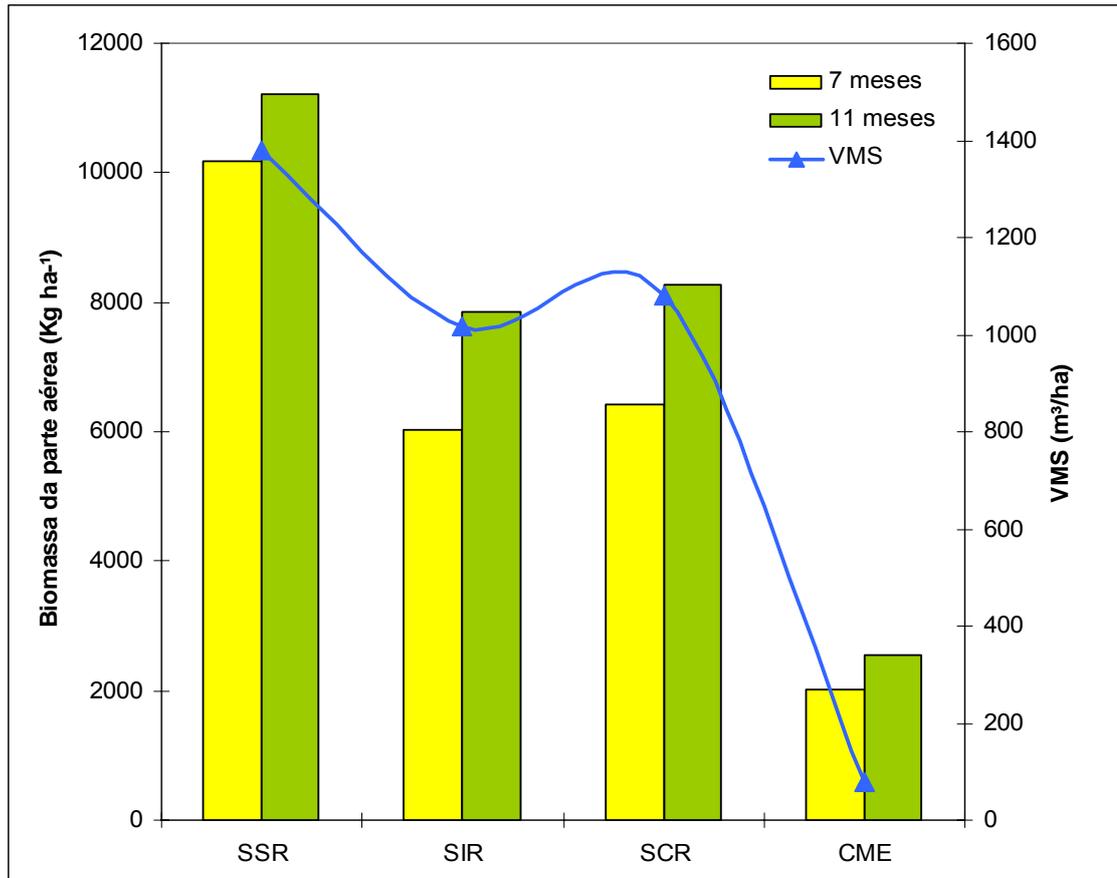
Tratamento	Idade (meses)	Biomassa				
		Folha	Galho	Casca	Lenho	Total
		----- Mg/ha -----				
SSR	7	4,46 a	2,80 a	0,48 a	2,44 a	10,19 a
SIR		2,28 c	1,88 b	0,34 b	1,53 b	6,04 b
SCR		2,88 b	1,58 c	0,35 b	1,61 c	6,41 b
CME		1,10 d	0,45 d	0,13 c	0,37 d	2,02 c
SSR	11	4,55 a	2,99 a	0,66 a	3,00 a	11,23 a
SIR		3,27 b	1,78 c	0,56 b	2,25 b	7,86 c
SCR		3,24 b	2,27 b	0,53 bc	2,23 b	8,27 b
CME		1,11 c	0,49 d	0,45 c	0,51 c	2,56 d

SIR = subsolagem interrompida com resíduos; SSR = subsolagem contínua sem resíduos; SCR = subsolagem contínua com resíduos e CME = coveamento mecânico

Os valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Duncan ($P < 0,05$).

Há uma relação direta entre o volume de solo preparado e o desenvolvimento das plantas. Observa-se na Figura 13 um aumento de biomassa aérea em função do aumento do volume de solo preparado. A ausência de resíduo aumentou o volume preparado de solo permitindo uma maior profundidade da haste e também aumento do grau de mobilização melhorando assim as condições físicas para o crescimento inicial do sistema radicular das mudas. Estudos de Suiter Filho et al. 1980, Finger et al. 1996; Nzila et al., 1997 e Wichert, 2005 também verificaram os efeitos positivos da subsolagem no crescimento inicial do eucalipto.

Figura 13. Biomassa total da parte aérea por tratamento no período de estudo.



VMS = volume mobilizado de solo

Não houve diferença significativa entre as subsolagem contínua (SCR) e a subsolagem interrompida (SIR). A grande quantidade de resíduo distribuído no talhão forçava a interrupção do preparo devido ao embuchamento do implemento, resultando em semelhante volume de solo preparado naqueles tratamentos.

4.4. Nutrientes da parte aérea

Os resultados dos teores de nutrientes na parte aérea das plantas estão apresentados na Tabela 10.

Observa-se que para os dois períodos analisados as parcelas subsoladas sem resíduos (SSR) apresentaram os maiores teores de nutrientes contido na parte aérea. Com exceção do Mg os tratamentos SCR e SSR não apresentaram diferença significativa nos teores dos nutrientes analisados, porém em valores brutos a subsolagem contínua com resíduo (SCR) após 11 meses apresentou maior quantidade de nutrientes se comparado as parcelas de onde foi realizada a subsolagem interrompida (SIR).

Tabela 10. Teores de nutrientes contidos na parte aérea das plantas de *Eucalyptus saligna* das parcelas experimentais

Trat.	Idade	Nutrientes						
		P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe
		----- Kg ha ⁻¹ ano ⁻¹ -----						
SSR	7	7,3 a	61,4 a	116,9 a	17,8 a	0,22 a	0,07 a	0,7 a
SCR		5,8 ab	37,5 ab	60,0 ab	11,1 ab	0,15 a	0,05 ab	0,5 a
SIR		5,0 ab	34,6 ab	66,9 ab	13,9 ab	0,13 ab	0,04 a	0,4 a
CME		2,2 b	11,9 b	21,7 b	4,4 b	0,05 b	0,02 b	0,3 a
SSR	11	7,8 a	66,4 a	125,9 a	19,1 a	0,24 a	0,08 a	0,7 a
SCR		7,4 a	48,3 ab	78,7 ab	14,4 ab	0,18 ab	0,06 a	0,6 a
SIR		6,2 ab	37,1 ab	66,8 ab	15,0 a	0,15 a	0,05 ab	0,5 a
CME		4,2 a	17,8 b	29,8 b	6,4 ab	0,08 b	0,03 a	0,4 a

SIR = subsolagem interrompida com resíduos; SSR = subsolagem contínua sem resíduos; SCR = subsolagem contínua com resíduos e CME = coveamento mecânico.
Os valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

O teor de B no tratamento CME foi menor nos dois períodos analisado. O B é importante elemento no desenvolvimento de plantas de eucalipto, a sua deficiência é notada pela intensa clorose marginal seguida de secamento das margens e encarquilhamento das folhas. Na planta ocorre perda de dominância apical e seca de ponteiros. Em plantas com pouco B períodos secos tendem a

se refletir em sintomas severos comprometendo a produtividade do povoamento.

O K é um importante regulador osmótico que em período de inverno ajuda a planta a resistir as baixas temperaturas até mesmo a ocorrência de danos causados por geadas. Os tratamentos que apresentaram maiores teores de Potássio onde em ordem crescente foi SSR > SCR > SIR > CME.

Segundo Silveira (2006) observa-se uma grande variação do conteúdo de nutrientes em função da espécie, idade, fertilidade do solo. O nitrogênio é o macronutriente mais extraído, sendo que a quantidade imobilizada pelas árvores é de 5 a 18 vezes maior que a do fósforo. Normalmente, a quantidade total de nutrientes acumulada na parte aérea tem a seguinte ordem de grandeza: $N > Ca \geq K > S \geq Mg > P$. O trabalho vem a corroborar estes dados pois em todos os tratamentos os teores de nutrientes assimilados foram pela ordem: $Ca > K > Mg > P$.

4.5. Balanço nutricional

Os resultados da entrada de nutrientes na área do experimento via precipitação e fertilização e um balanço nutricional com relação aos nutrientes erodidos no primeiro ano de cultivo do eucalipto e retirados com a remoção dos resíduos da área são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11. Balanço nutricional anual dos nutrientes estudados

	Nutrientes						
	P	K	Ca	Mg	Cu	B	Fe
	----- Kg ha ¹ -----						
Entradas							
Ppt	0,2	0,5	0,6	0,3	0,024	0,042	0,20
Fert.	200,3	39,8	525,0	240,0	0,300	0,110	0,00
Total	200,5	40,3	525,6	240,3	0,324	0,152	0,20
Saídas							
SIR	0,1	0,8	1,8	0,3	0,002	0,002	2,28
SSR	0,8	2,4	2,8	2,6	0,013	0,013	28,36
SCR	0,1	0,9	0,4	0,3	0,001	0,003	2,59
CME	0,0	1,3	0,3	0,1	0,000	0,003	0,53
Balanço							
SIR	200,4	39,5	523,8	240,1	0,321	0,151	-2,08
SSR	199,7	37,9	522,8	237,8	0,311	0,140	-28,16
SCR	200,4	39,4	525,2	240,1	0,322	0,149	-2,40
CME	200,4	39,0	525,4	240,3	0,323	0,149	-0,33

Ppt = precipitação; Fert. = fertilizantes aplicados; SIR = subsolagem interrompida com resíduos; SSR = subsolagem contínua sem resíduos; SCR = subsolagem contínua com resíduos e CME = coveamento mecânico

A principal entrada de nutrientes na área foi através da fertilização da área estudada. A adição de nutrientes via precipitação apresentou valores insuficientes para a manutenção da capacidade produtiva do solo. Em todos os tratamentos o balanço de Fe foi negativo, pois a única via de entrada desse

elemento foi a água da chuva. O tratamento SSR mostrou a maior diferença no balanço de Fe, pois a perda desse elemento deu-se principalmente pelo material erodido. O balanço menos negativo do Fe foi observado na parcela coveada (CME), pois foi o tratamento onde foi detectada a menor perda de solo pelo escoamento superficial.

A subsolagem contínua sem resíduo (SSR) apresentou o menor balanço nutricional demonstrando novamente a importância dos resíduos de colheita no campo. Os demais tratamentos onde houve a manutenção dos resíduos apresentaram balanços nutricionais bem semelhantes. Em solos com baixos teores de nutrientes em formas disponíveis e totais, a exportação de elevadas quantidades de nutrientes pela colheita florestal ao longo das rotações pode levar à redução da capacidade produtiva do sítio.

5. CONCLUSÕES

O estudo dos métodos de preparo de solo e sua influência na erosão hídrica, perda de nutrientes e no desenvolvimento inicial do *Eucalyptus saligna* ao longo de 12 meses permite concluir que:

A subsolagem sem resíduo a favor do declive mostrou-se o método de preparo mais erosivo do que o coveamento manual com resíduo, com perda anual de 11,05 Mg ha⁻¹ano⁻¹ e 0,16 Mg ha⁻¹ano⁻¹.

Os totais de água perdida por escoamento superficial para os tratamentos subsolagem interrompida com resíduo (SIR), subsolagem contínua com resíduo (SCR) e coveamento mecânico (CME) foram semelhantes e da ordem de 1,6% da água precipitada. Na subsolagem sem resíduo (SSR) o escoamento foi de 2,9%.

A subsolagem sem resíduo apresentou as maiores perdas de nutrientes se comparada aos outros métodos de preparo de solo. As maiores perdas de nutrientes pela erosão hídrica foram, pela ordem: Fe > K > Ca > Mg > P > Cu > B.

A biomassa aérea do *E. saligna* aumentou com o aumento do volume de solo mobilizado e foram de 77 m³ ha⁻¹, 1018,3 m³ ha⁻¹, 1080 m³ ha⁻¹ e 1380 m³ ha⁻¹, para o coveamento mecanizado, subsolagem interrompida com resíduo, subsolagem contínua com resíduo e subsolagem contínua sem resíduo, respectivamente.

Observa-se que para o período analisado as parcelas subsoladas sem resíduos (SSR) apresentaram os maiores teores de nutrientes contidos na parte aérea.

A subsolagem contínua sem resíduo (SSR) apresentou o menor balanço nutricional demonstrando novamente a importância dos resíduos de colheita no campo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALARCÓN, C.A.; PRADO, J.A. Efecto del manejo de los residuos de explotación de *Pinus radiata* en los procesos de erosión. **Ciencia e Investigación Forestal**, Santiago, v. 4, n. 1, p. 36-48, 1990.

ALBUQUERQUE, A.W.; LOMBARDI NETO, F.; SRINIVASAN, V.S. **Efeito do desmatamento da caatinga sobre as perdas de solo e água de um Luvissole em Sumé (PB)**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.25, n.1, p.121-128, 2001.

AMADO, T.J.C.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa do manejo de resíduo cultural de soja na redução das perdas de solo por erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.13, p.151-157, 1989.

ARACRUZ CELULOSE. **Levantamento semidetalhado dos solos de hortos da unidade Guaíba** – Aracruz com proposta de criação de unidades de manejo. Guaíba, 2004. 145 p.

BASSMAN, J.H. Influence of two site preparation treatments on ecophysiology of planted *Picea Engelmannii x glauca* seedlings. **Canadian Journal of Forest Research**, Victoria, v.19, p. 1359-1370, 1989.

BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Efeito do método de preparo do solo, em área de reforma, nas suas características, na composição mineral e na produtividade de plantações de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 27, p. 635-646, set./out. 2003.

BENTIVENHA, S.R.P. **Mobilização do solo e crescimento inicial do eucalipto em função do tipo de haste subsoladora, profundidade de trabalho e características do solo**. 2001. 60p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiros”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

BERTOL, I. **Comprimento crítico de declive para preparos conservacionistas de solo**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 185p. (Tese de Doutorado)

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

BERTOL, I.; GUADAGNIN, P. C.; CASSOL, P. C.; AMARAL, A. J.; BARBOSA, F. T. Perdas de fósforo e potássio por erosão hídrica em um inceptisol sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 485-494, jan./fev. 2004.

BERTONI, J.F.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Piracicaba: Livro Ceres, 1985. 392 p.

BERTONI, J.; PASTANA, F.I.; LOMBARDI NETO, F.; & BENATTI JÚNIOR, R. **Conclusões gerais das pesquisas sobre conservação do solo, no Instituto Agrônomo**. Campinas, Instituto Agrônomo, 1981. 57p (Circular 20)

BEUTLER, J. F.; BERTOL, I.; VEIGA, M.; WILDNER, L.P. Perdas de solo e água nem Latossolo Vermelho Alumiférrico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 509-517, maio/jun. 2003.

BRITO. L.F. **Erosão hídrica de latossolo vermelho distrófico típico em área de pós-plantio de eucalipto na região de Guanhães (MG).2004**. 78p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

CARDOSO, D.P. **Avaliação da erosão pela mudança na superfície do solo em sistemas florestais**. 2003. 103 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 2003.

CASTRO, O.M. **Sistema de preparo do solo e rotação de culturas para milho e soja: Relatório Técnico Anual**. Campinas: IAC, 1988. 23p.

CASTRO, O.M. Preparo do solo para culturas anuais. In: BERTONI, J.F. (Ed.). **Manual Técnico de manejo e conservação de solo e água: Tecnologias para aumentar a cobertura vegetal e a infiltração de água no solo**. Campinas: Manual CATI n.40, 1994, cap. 3, p.61-87.

CAVICHIOLO, S. R. **Perdas de solo e nutrientes por erosão hídrica em diferentes métodos de preparo do solo em plantio de Pinus taeda**. 152p. Tese de Doutorado, Setor de Ciências Agrárias, UFPR, Curitiba, 2005.

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

COGO, N.P. Conceitos e princípios científicos envolvidos no manejo de solo para fins de controle da erosão hídrica. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21., 1988, Campinas. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 1988. p. 251-262.

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**, Campinas, v.27, p.743-753, 2003.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO RS/SC (Passo Fundo, RS). **Recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande**

do Sul e Santa Catarina. 3. ed. Passo Fundo: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Embrapa, 1995. 224 p.

COSTA, L. M. Manejo de solos em áreas reflorestadas. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Eds.). **Relação solo eucalipto**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 1990. p. 237-264.

DA ROS, C.O.; SECCO, D.; FIORIN, J.E.; PETRERE, C.; CADORE, M.A.; PASA, L. Manejo do solo a partir de campo nativo: efeito sobre a forma e estabilidade da estrutura ao final de cinco anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, n.2, p.241-247, abr./jun. 1997.

ELLIOT, W. Erodibility and erosivity. In: LAL R. (Ed.) Soil erosion research methods. Netherlands: Soil and water conservation Society. 1988. In: WICHERT, M. C. P. **Erosão hídrica e desenvolvimento inicial do *Eucalyptus grandis* em um Argissolo Vermelho-Amarelo submetido a diferentes métodos de preparo de solo no Vale da Paraíba-SP**. 2005. 83p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiros”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

FAO. **La erosion del suelo por el agua: algunas medidas para combatirla en las tierras de cultivo**. Roma , 1967. 218p.

FAO. **Watershed management field manual: road desing and construction in sensitive Watersheds**. Rome, 1989.218 p.

FERNADES, H.C.; SOUZA, A.P. Compactação de solos florestais: uma questão para estudo. **Revista Árvore**, Viçosa, v.25, n.3, p.387-392, jul./set.2001.

FERNÁNDEZ, C.; VEIGA, J.A.; GRAS, J.M.; FONTURBEL, T.; CUIÑAS, P.; DAMBRINE, E.; ALONSO, M. Soil erosion after *Eucalyptus globulus* clearcutting: differences between logging slash disposal treatments. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.195, p. 85-95, 2004.

FINGER, C.A.G.; SCHUMACHER, M.V.; SCHNEIDER, P.R.; HOPPE, J.M. Influência da camada de impedimento no solo sobre o crescimento de *Eucalyptus grandis* (Hill) ex Maiden. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.6, n.1, p. 137-145, nov. 1996.

FIRME, D.J.; SOUZA, J.L.; RIBEIRO, R.S.; MIGLIORINI, A.J.; BERTOLOTI, G. Preparo de solos em áreas acidentadas. **Circular Técnica IPEF**, Piracicaba, n. 159, p.5, 1988.

FREITAS, P. L.; CASTRO, A. F. Estimativas das perdas de solo e nutrientes por erosão no Estado do Paraná. **Boletim informativo da Sociedade Brasileira de ciência do Solo**, Campinas, v. 8, p. 43-52, jan./mar. 1983.

GALINDO, I.C.L. & MARGOLIS, E. Tolerância de perdas por erosão para solos do estado de Pernambuco. Campinas, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, p. 95-100, 1989.

GONÇALVES, J. L. M. Características do sistema radicular de *Eucalyptus grandis* sob diferentes condições edáficas (I Distribuição de raízes nas camadas de solo). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 21., 1995. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. p. 876-878.

GONÇALVES, J.L.M.; POGGIANI, F.; STAPE, J.L.; SERRANO, M.I.P.; MELLO, S.L.M.; MENDES, K.C.F.S.; JORGE, L.A.C. **Efeito de práticas de cultivo mínimo e intensivo do solo sobre a ciclagem de nutrientes, fertilidade do solo, configuração do sistema radicular e nutrição mineral de povoamentos de *Eucalyptus grandis***. Piracicaba, 1997. 94p. (Relatório Final de Pesquisa, FAPESP, processo nº 1994/4248-4).

GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L.; BENEDETTI, V.; FESSEL, V.A.G.; GAVA, J.L. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Ed) **Nutrição e Fertilização Florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.1-57.

GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L.; WICHERT, M.C.P.; GAVA, J.L. MANEJO DE Resíduos vegetais e preparo do solo. In: GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L. (Ed.) **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002a. cap.3, p. 133-204.

GONÇALVES, J.L.M. Conservação do solo. In: GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L. (Ed.) **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002b. cap.2, p. 47-129.

GRACE III, J.; WILHOIT, J.; RUMMER, R.; STOKES, B. **Surface Erosion Control Techniques on Newly constructed Forest Road**. In: ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING (Ed). Phoenix: ASAE, 1996. 14P.

GREY, D.C. Principles and elements of monitoring in mountain catchment areas: Soils and Erosion. **South African Forestry Journal** , Pretoria, v. 144, p. 47-51, mar. 1988.

GROHMANN, F.; CATANI, R.A. O empobrecimento causado pela erosão e pela cultura algodoeira no solo do arenito Bauru. **Bragantia**, Campinas, v.9, p. 125-132, 1949.

HERNANI, L.C.; SAKAI, E.; LOMBARDI NETO, F.; LEPSCH, I.F. Influência de métodos de limpeza do terreno sob floresta secundária em Latossolo amarelo do Vale do Ribeiro, SP: II. Perdas por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.11, n.2, p. 215-219, 1987.

HERNANI, L.C.; SALTON J.C.; FABRICIO, A.C.; DEDECEK, R.; ALVES JUNIOR, M. Perdas por erosão e rendimentos de soja e trigo em diferentes

sistemas de preparo de um Latossolo Roxo Dourado. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Campinas, v.21, p. 667-676, 1997.

HERNANI, L.C.; KURIHARA, C.H.; SILVA, W.M. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Campinas, v.23, p. 145-154, 1999.

HUDSON, N.W. **Soil conservation**. Ithaca, Cornell University Press, 1977. 320p.

HUSCH, B.; MULLER, C.; BEERS, T.W. **Forest Mensuration**. New York: John Wiley. 1982. 402p.

LAL, R. Soil erosion by wind and water: problems and prospects. In: LAL R. (Ed.). Soil erosion research methods. Netherlands: Soil and water Conservation Society, 1988. In: WICHERT, M. C. P. **Erosão hídrica e desenvolvimento inicial do *Eucalyptus grandis* em um Argissolo Vermelho-Amarelo submetido a diferentes métodos de preparo de solo no Vale da Paraíba-SP**. 2005. 83p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiros”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

LARSON, W.E. & GILL, W.R. Soil physical parameters for designing new tillage systems. In: NATIONAL CONSERVATION TILLAGE CONFERENCE, Ankeny, 1973. **Proceedings. Ankeny, Soil Conservation Society of America**, 1973. p.13-22.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. **Advances in Soil Science**, Boca Raton, v.1, p.227-294, 1985.

LIMA, W.P. Escoamento superficial, perdas de solo e nutrientes em microparcelsas reflorestadas com eucalipto em solos arenosos no município de São Simão, SP. **IPEF**, Piracicaba, n.38, p5-16, 1988.

LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. **Erodibilidade de solos paulistas. Campinas: Instituto Agrônomo**, 1975. 12p. (Boletim Técnico, 27).

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W.C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em campinas, SP. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., 1980. Recife. **Anais...** Recife: SBSCS, 1980. p. 13.

MACHADO, C.C.; SOUZA, A.P. Impacto ambiental das estradas florestais no ecossistemas : Causa e controle. **Boletim Técnico Sociedade de Investigações Florestais**, Viçosa, n.1-12, mai.1990.

MACKENSEN, J.; FÖSLTER, H. Cost-analysis for a sustainable nutrient management of fast growing-tree plantations in East-Kalimantan, Indonesia. Forest Ecology and Management. In: MARTINS, S.G. **Modelagem da erosão hídrica para florestas plantadas de eucalipto na região de tabuleiros**

costeiros, município de Aracruz (ES). 2005. 113 p. Tese (Doutorado em solos e Nutrição de plantas) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

MALUF, J.L.P. **Efeito da queima, métodos de preparo do solo e da adubação no crescimento de *E. camaldulensis* em areia quartzosa.** 1991. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.

MARQUES, J.Q.A.; BERTONI, J.; GROHMANN, F. Determinação de perdas por erosão em São Paulo, 1943 a 1953. In: 2º CONGRESSO PANAMERICANO DE AGRONOMIA. 1954, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, 1954. p. 1-33.

MARTINS, S.G.; SILVA, M.L.N; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; FONSECA, S.; MARQUES, J.J.G.S.M. Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz-ES. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.27, p.395-403, 2003.

MARTINS, S.G. **Modelagem da erosão hídrica para florestas plantadas de eucalipto na região de tabuleiros costeiros, município de Aracruz (ES).** 2005. 113 p. Tese (Doutorado em solos e Nutrição de plantas) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

McEVOY, T.J.; Commonsense erosion control. **American Forests**, Washington, v.95,n.5/6, p.32-40, mai./jun, 1989.

MEGAHAN, W.F.Reducing Erosional Impacts of Roads. In: FAO Conservation Guide: **Guidelines for watershed Management.** Rome: FAO, 1977. chap. 14, p. 237-261.

MORGAN, R.P.C. **Soil erosion and conservation.** 2.ed. In: DAVIDSON, D.A. (Ed.). New York: Longman Scientific & Technical, 1986. 298 p.

MORRISON, I. K. Can a plot-based forest health monitoring contribute to assessment of soil pollution indicator in Canada? In: MARTINS, S. G. **Erosão hídrica em povoamento de eucalipto sobre solos coesos nos Tabuleiros Costeiros, ES.** 2005. 106 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

NEARING, M.A.; LANE, L.J.; LOPES, V.L. Modeling soil erosion. In: LAL R.(Ed) **Soil erosion research methods.** Chap. 6. p.128-156, 1998.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais.** Viçosa: UFV, DPS, 1999. 399p

NUNES FILHO, J.; SOUSA, A.R.; MAFRA, R.C.; SILVA, A.B. Práticas conservacionistas e as perdas por erosão na cultura do milho isolado e consorciado no sertão do Pajeú. (PE). **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Campinas, v. 14, p.69-72, 1990.

NZILA, J.D.; BOUILLET, J.P.; HAMEL, O. Influence of litter management and soil preparation on the growth of an *Eucalyptus* replantation in the Congo. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, 1997, Salvador. **Anais...** Colombo: EMBRAPA/CNPF, 1997. v.3, p. 246-251.

OYARZUN, C. características físicas y químicas de los sedimentos erosionados desde suelos con plantaciones forestales. **Bosque**, Valdivia, Chile, v. 15, n.2, p. 31-38, 1994.

POGGIANI, F.; STAPE, J.L. **Uso de biossólidos produzidos nas estações de tratamentos de esgoto da região metropolitana de São Paulo em plantações florestais**. Piracicaba: FEALQ; ESALQ, Depto. De Ciências Florestais, 2003. 100 p. Relatório técnico semestral 12/48 do Projeto de Pesquisa No. 9.215/01 apresentado à SABESP, São Paulo.

POWERS, R.F.; TIARKS, A.E. & BOYLE, J.R. Assessing soil quality: Practicable standards for sustainable forest productivity in the United States. In: WICHERT, M. C. P. **Erosão hídrica e desenvolvimento inicial do *Eucalyptus grandis* em um Argissolo Vermelho-Amarelo submetido a diferentes métodos de preparo de solo no Vale da Paraíba-SP**. 2005. 83p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiros”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

POYTON, R.J. Research the silviculture of eucalyptus grandis (saligna) in the northern transvaal. **South African Forestry Journal**, Pretoria, v.55, p. 10-20, 1965.

PRUSKI, F.F. Aplicação de modelos físico-matemáticos á engenharia de conservação da água e solo. In: AGRICULTURA, SUSTENTABILIDADE E O SEMI-ÁRIDO, 1, Fortaleza, 2000. **Anais...** Fortaleza: Folha de Viçosa, 2000. p. 233-296.

RAMAKRISHMA, K. & DAVIDSON, E.A. Intergovernmental negotiations on criteria and indicators for the management, conservation, and sustainable development of forests: what role for forest soil scientists? In: WICHERT, M. C. P. **Erosão hídrica e desenvolvimento inicial do *Eucalyptus grandis* em um Argissolo Vermelho-Amarelo submetido a diferentes métodos de preparo de solo no Vale da Paraíba-SP**. 2005. 83p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiros”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

RESK, D. V. S.; FIGUEIREDO, M. S.; FERNANDES, B.; RESENDE, M.; SILVA, T. C. C. Intensidade de perdas de nutrientes em um Podzólico Vermelho-Amarelo, utilizando-se do simulador de chuvas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 4, n. 1, p. 188-192, jan./feb. 1980.

ROGERS, H.T. Plant nutrients losses by erosion from a corn, wheat, clover rotation on Dummore silt loam. **Soil Science Society American Proceedings**, Madison, v.6, p. 263-271, 1941.

SANTOS, D.; BAHIA, V. G.; TEIXEIRA, W. G. Queima e erosão do solo. **Informe Agropecuário**, v. 16, p.62-68, 1992.

SASAKI, C.M. **Força de tração e desempenho operacional de hastes subsoladoras em solos com diferentes texturas e umidade**. 2000. 53p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiros”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

SASAKI, C.M. **Desempenho operacional de um subsolador em função da estrutura, do teor de argila e de água de três latossolos**. 2005. 82p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais)) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiros”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BATISTELA, O. & BALBINOT JR., A.A. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v. 24, p. 427-436, 2000.

SCHICK, L.; BERTOL, I.; BATISTELA, O.; BALBINOT JÚNIOR. Erosão hídrica em cambissolo húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: II. Perdas de Nutriente e carbono orgânico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 437-447, abr./jun. 1999.

SCHUMACHER, M.V. **Naehrstoffkreislauf in verschiedenen bestaenden von *Eucalyptus saligna* (Smith), *Eucalyptus dunnii* (Maiden) und *Eucalyptus globules* (Labillardiere) in Rio Grande do Sul, Brasilien**. (Tese de doutorado) Wien: Universitaet fuer Bodenkultur. 1995. 164p.

SEGANFREDO, M. L.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. L. R. de. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em diferentes sistemas de culturas em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 287-291, abr./jun. 1997.

SEIXAS, F. Efeitos físicos da colheita mecanizada de madeira sobre o solo. In: GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L. (Ed.). **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF; 2002. cap.9, p.313-350.

SILVA, M. L. N. ; BAHIA, V. G.; BARROSO, D. G. Perdas de solo em sistemas de preparo convencional e plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 16, n. 176, p.44-50, 1992.

SILVA, L.L.; SCHINEIDER, P.R.; ELTZ, F.L.F. Influência dos resíduos da colheita da floresta de acácia-negra (*Acácia mearnsii* De Wild) sobre as perdas de água e solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.8, n.1, p.43-53, 1998.

SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; LIMA, J.M.; MARQUES, J.J.G.S.M.; LIMA, R.A.. Resistência ao salpico provocado por impacto de gotas

de chuva simulada em Latossolos e sua relação com características químicas e mineralógicas. **Ciência e prática**, v.19, n.2, p.176-182,1995.

SOUZA, C.R. **Avaliação de diferentes coberturas do solo no controle da erosão em taludes de estradas florestais**. 2000. 90p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiros”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

SOUZA, A.J. Preparo de solos coesos para cultura do eucalipto no extremo sul da Bahia. In: GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L. (Ed.). **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF; 2002. cap.8, p.297-311.

STAPE, J.L.; ANDRADE, S.; GOMES, A.N.; KREJCI, L.C.; RIBEIRO, J.A. Definições de métodos de preparo de solo para silvicultura em solos coesos do litoral norte da Bahia. In: GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L. (Ed.). **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF; 2002A. cap.7, p.259-296.

SUITER, W.; REZENDE, G.C.; MENDES, C.J.; CASTRO, P.F. Efeitos de diversos métodos de preparo do solo sobre o desenvolvimento de *Eucalyptus grandis* plantado em solos com camadas de impedimento. **Circular Técnica IPEF**, Piracicaba, n.90, p.1-9, fev, 1980.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 1995. 174p.

VEIGA, M.; WILDNER, L.P. **Manual para la instalación y conducción de experimentos de pérdida de suelo**. Chile: EPAGRI – FAO, 1993. 34P.

VITAL, A.R.T.; LIMA, W. P.; CAMARGO, F. R. A. Efeito do corte raso de plantação de Eucalyptus sobre o balanço hídrico, a quantidade da água e as perdas de solo e de nutrientes em uma microbacia no Vale do Paraíba, SP. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 55, p. 5-16, jun. 1999.

VOLK, L.B.S.; COGO, N.P.; STREK, E.V. Erosão hídrica influenciada por condições físicas de superfície e subsuperfície do solo resultantes do seu manejo, na ausência de cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.28, p.763-774, 2004.

WICHERT, M. C. P. **Erosão hídrica e desenvolvimento inicial do *Eucalyptus grandis* em um Argissolo Vermelho-Amarelo submetido a diferentes métodos de preparo de solo no Vale da Paraíba-SP**. 2005. 83p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiros”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington: USDA, 1978. 58 p. (Agricultural Handbook, 537)

7. APÊNDICES

FICHA DE COLETA DE DADOS

DATA DA COLETA:

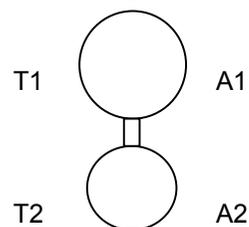
PLUVIÔMETRO:

Após
homogenização

Parcela	Altura da enxurrada		Enxurrada somente no balde (L)	Pesagem de sedimento		Amostragem da suspensão				
	T1 (cm)	T2 (cm)		Peso solo + água (kg)	Amostra n°		p/sedimentação		p/química	
n°							T1	T2	T1	T2
	a	b	c	d	e	e	f	g	h	i
1										
2										
3										
4										

OBS.: _____

- (1) Qdo somente no balde c, f, h
- (2) Qdo somente T1, sem sedimentação a, f, h
- (3) Qdo somente T1, com sedimentação d,e,a,f,h
- (4) Qdo T1 e T2, sem sedimentos a,f,h,b,g,i
- (5) Qdo T1 com sedimento e T2d,e,a,f,h,b,g,i



- 1 A = SUBSOLAGEM INTERRONPIDA
- 2 B = SUBSOLAGEM SEM RESÍDUO
- 3 C = SUBSOLAGEM S/ NO DECLIVE
- 4 D = COVEAMENTO MECÂNICO