

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

**ESCOAMENTO SUPERFICIAL DA ÁGUA DE CHUVA EM UM PLANTIO DE  
*Eucalyptus Urophylla* S. T. Blake NO MUNICÍPIO DE VIÇOSA - MG**

Fábio Fernandes Maia  
Engenheiro Florestal

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
AGOSTO - 2013

FÁBIO FERNANDES MAIA

**ESCOAMENTO SUPERFICIAL DA ÁGUA DE CHUVA EM UM PLANTIO DE  
*Eucalyptus Urophylla* S. T. Blake NO MUNICÍPIO DE VIÇOSA - MG**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do curso de graduação em Engenharia Florestal.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
AGOSTO - 2013

FÁBIO FERNANDES MAIA

**ESCOAMENTO SUPERFICIAL DA ÁGUA DE CHUVA EM UM PLANTIO DE  
*Eucalyptus Urophylla* S. T. Blake NO MUNICÍPIO DE VIÇOSA - MG**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do curso de graduação em Engenharia Florestal.

APROVADA: 26 de agosto de 2013.

---

Prof. João Batista Lúcio Corrêa

---

Prof. Helio Garcia Leite

---

Prof. Herly Carlos Teixeira Dias  
(Orientador)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Criador de Todas as Coisas pela vida.

Aos meus pais, José Geraldo e Helena Maria pelo incentivo a cada passo que me trouxe a este momento de desafios e vitórias.

Às grandes amizades feitas em Viçosa pela confiança, companhia, atenção e por me ajudarem nos momentos de tropeços e fraquezas. Aos amigos de república, também, pela convivência quase sempre divertida e harmoniosa.

À Carol Rodrigues pela dedicação na hora de explicar alguns conceitos esquecidos de estatística e mostrar que não há nada de errado na simplicidade das coisas.

Aos todos os colegas do Laboratório de Hidrologia Florestal pela acolhida nesse último ano de graduação.

Ao Professor Herly Teixeira Dias pela oportunidade e orientação no desenvolvimento deste trabalho.

Aos Professores Helio Garcia Leite e João Batista Lúcio Corrêa por acolherem com entusiasmo o convite para participarem da banca avaliadora deste trabalho.

E aos demais professores e servidores da UFV que contribuíram de alguma forma para minha formação.

Deixo a todos um forte abraço de gratidão.

## BIOGRAFIA

Fábio Fernandes Maia, filho do Sr. José Geraldo Maia e da Sra. Helena Maria Fernandes Pereira Maia, nasceu na manhã do dia 4 de agosto de 1989 na cidade de Itabira, MG.

Em 2000 concluiu sua educação básica na Escola Municipal Coronel José Batista, antigo Grupo Escolar de Itabira onde o poeta Carlos Drummond de Andrade também recebeu seus primeiros ensinamentos escolares.

Mudou-se para a cidade de São João Evangelista, MG, em 2005, onde cursou o ensino médio profissionalizante, recebeu diplomação em Técnico Agrícola em dezembro de 2007 pela Escola Agrotécnica Federal de São João Evangelista.

Ingressou no curso Engenharia Florestal, em 2008, na Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Durante a graduação desenvolveu trabalhos no Laboratório de Análises de Sementes Florestais; junto ao grupo de pesquisa em avifauna do Museu de Zoologia João Moojen; no Laboratório de Crescimento e Desenvolvimento de Plantas; no Laboratório de Incêndios Florestais e Conservação da Natureza e no Laboratório de Hidrologia Florestal, neste último desenvolveu seu trabalho monográfico de conclusão de curso.

Em 2011 participou da Operação Tuiuiú do Projeto Rondon realizada pelo Ministério da Defesa no município pantaneiro de Poconé, MT.

Estagiou na Gerdau Florestal de Três Marias, MG, onde ficou responsável pela realização do diagnóstico ambiental da empresa durante o período de janeiro a julho de 2012.

Tornou-se Engenheiro Florestal em setembro de 2013 pela UFV.

## SUMÁRIO

EXTRATO .....	vii
1 - INTRODUÇÃO .....	1
2 - OBJETIVOS .....	3
2.1 - Objetivo geral .....	3
2.2 - Objetivos específicos .....	3
3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	4
3.1 - Ciclo Hidrológico e seus principais componentes .....	4
3.2 - Erosão hídrica e conservação do solo .....	7
3.3 - Parâmetros qualitativos da água .....	9
3.4 - Panorama atual da eucaliptocultura brasileira .....	11

4 - MATERIAIS E MÉTODOS .....	12
4.1 - Área de estudo e período de coleta de dados .....	12
4.2 - Estratificação da área pela declividade .....	13
4.3 - Alocação e caracterização das parcelas de precipitação em aberto e precipitação interna .....	13
4.4 - Alocação e caracterização das parcelas de escoamento superficial .....	14
4.5 - Conversões utilizadas .....	16
4.6 - Coeficiente de escoamento superficial .....	18
4.7 - Análise físico-qualitativa da água de escoamento superficial .....	18
4.8 - Análise estatística .....	19
5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	20
5.1 - Avaliação da precipitação em aberto e da precipitação interna .....	20
5.2 - Avaliação do escoamento superficial .....	23
5.3 - Caracterização físico-qualitativa da água de escoamento superficial ...	27
6 - CONCLUSÕES .....	31
7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	32



## EXTRATO

MAIA, Fábio Fernandes. Monografia de graduação. Universidade Federal de Viçosa. Setembro, 2009. **AVALIAÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL DA ÁGUA DE CHUVA EM UM PLANTIO DE *Eucalyptus Urophylla* S. T. Blake NO MUNICÍPIO DE VIÇOSA - MG.** Orientador: Herly Carlos Teixeira Dias.

Questionamentos quanto à sustentabilidade de plantios florestais são constantes e o principal foco das críticas é a eucaliptocultura, por ser esta a cultura florestal de maior expressão nacional. A cultura do eucalipto é frequentemente associada à degradação dos ecossistemas através da retirada da água do solo e promoção dos diversos tipos e níveis de erosão. Por outro lado, existem estudiosos do desenvolvimento florestal no país que afirmam ser possível conviver com os monocultivos de eucalipto sem que estes comprometam recarga de água, a fertilidade e a estrutura física do solo. Considerando estas divergências é importante fazer o monitoramento hidrológico em áreas ocupadas por povoamentos florestais. O objetivo deste trabalho foi realizar o monitoramento quantitativo e qualitativo da água de escoamento superficial em um plantio de eucalipto na região de Viçosa, MG. O estudo foi conduzido em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* plantado no espaçamento inicial de 3 x 2 m em uma encosta de Latossolo Vermelho Amarelo. Foram obtidos os

valores de precipitação interna medida na linha e na entrelinha de plantio. Foi analisada a adoção da técnica de cordão de contorno nas faixas de declividade 14-17% e 20-25%, para tanto foram obtidos os coeficientes de escoamento superficial para as áreas com e sem a presença do cordão de contorno nas duas faixas de declividade consideradas. Amostras de água foram submetidas a análises qualitativas dos parâmetros físicos: turbidez, condutividade elétrica e pH. Para o período considerado, outubro de 2010 a junho de 2013, a precipitação em aberto na área estudada foi de 3.673,0 mm e a precipitação interna foi de 3.387,1 mm. Não houve diferenças entre os volumes de precipitação interna na linha e na entrelinha de plantio. O coeficiente de escoamento superficial reduziu de 0,501% no quarto ano do cultivo para 0,131% no sétimo ano, devido à retenção de água promovida pela camada cada vez mais espessa de serapilheira. Não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) no uso da técnica de cordão de contorno na mesma faixa de declividade. Os maiores valores de turbidez foram encontrados nas áreas onde o cordão de contorno foi adotado, em decorrência do carregamento de partículas do solo que formava o camalhão para os galões de coleta de água da chuva. Tanto a turbidez, quanto a condutividade elétrica apresentaram valores maiores nas idades mais avançadas do povoamento, como consequência da liberação de partículas orgânicas pelo processo de degradação natural da serapilheira.

## 1 - INTRODUÇÃO

Questionamentos quanto à sustentabilidade ambiental de povoamentos de eucalipto são constantes, principalmente no que diz respeito à remoção da água do solo. Alguns pesquisadores e ambientalistas ressaltam os impactos ambientais negativos aos quais os ecossistemas que recebem o cultivo do eucalipto estão sujeitos. Em áreas com declividade acentuada, por exemplo, quando as operações de preparo do solo para o plantio não atendem aos critérios técnicos que garantam a proteção do solo, este fica susceptível aos mais graves tipos de processos erosivos, os hídricos. A ocorrência de erosões é certeza de empobrecimento do solo e assoreamento dos corpos hídricos locais, ou em casos mais preocupantes de cursos d'água localizados fora dos limites da bacia hidrográfica, devido o carregamento de sedimentos para fora da mesma.

Pesquisadores de diversas instituições tem procurado entender e detalhar o comportamento da água em plantios florestais, a fim de proporem práticas que anulem ou minimizem os danos causados no ambiente pela intervenção humana através da atividade silvicultural.

Nobre & Leite (2012) afirmaram que o índice de área foliar do eucalipto, cultivado na bacia do Rio Canabrava (afluente do São Francisco), no norte de Minas Gerais, era menor do que o encontrado em florestas nativas da região. Por isso,

segundo esses pesquisadores, quando a vegetação nativa era substituída por povoamentos de eucalipto a água alcançava mais rapidamente o solo, ocasionando um escoamento superficial mais intenso e conseqüentemente o desencadeamento de processos erosivos.

Por outro lado Pires *et al.* (2006), ao analisarem a eucaliptocultura presente na bacia do Rio Doce, no Vale do Aço mineiro, sugeriram que a perda de água depende do sistema de implantação adotado no plantio. E ainda que maiores valores de escoamento superficial foram encontrados nas áreas onde o eucalipto foi plantado na direção do declive do terreno. Os autores concluíram que os sistemas de manejo do eucalipto na região estudada apresentavam perdas de solo muito inferiores ao valor limite de tolerância.

Considerando estas divergências torna-se claro a importância do monitoramento dos parâmetros relacionados aos fenômenos hidrológicos que ocorrem nas áreas ocupadas pelo cultivo do eucalipto, com objetivo de avaliar a magnitude de perda de água e de solo nestes sistemas. E quando estes ou outros impactos negativos forem detectados, é fundamental a busca de técnicas alternativas que garantam a sustentabilidade da produção silvícola.

## **2 - OBJETIVOS**

### **2.1- Objetivo geral**

Realizar o monitoramento quantitativo e qualitativo da água de escoamento superficial em um povoamento de eucalipto na região de Viçosa, MG e descrever, avaliar e discutir os resultados.

### **2.2 - Objetivos específicos**

- Medir e comparar os valores de precipitação interna e precipitação em aberto.
- Verificar a existência de diferença quantitativa entre o volume de água de chuva precipitado internamente na linha e entrelinha de plantio.
- Medir e comparar os valores de escoamento superficial em diferentes declividades e em áreas submetidas e não submetidas à técnica de cordão de contorno.
- Caracterizar a água de escoamento superficial em relação parâmetros físicos: turbidez, condutividade elétrica e pH.

### **3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 - Ciclo Hidrológico e seus principais componentes**

O Planeta Terra possui mais de 70% de sua área superficial ocupada por água na forma de rios, lagos, mares e oceanos, no entanto esta preciosa substância líquida não está presente no Globo Terrestre apenas em sua superfície. Existem grandes volumes de água no subsolo, no alto de algumas montanhas na forma de geleiras e, também, no ar atmosférico no estado de vapor. Tanto a transformação da água de um estado para o outro quanto a sua movimentação nas camadas superficiais, subsuperficiais e atmosféricas, são fenômenos comuns e de fundamental importância para a manutenção das mais diversas formas de vida. Ao conjunto de toda a água presente no planeta, independentemente de sua localização ou estado físico, dá-se o nome de Hidrosfera, enquanto que a sua movimentação nas diferentes camadas é denominada Ciclo Hidrológico (PRESS *et al.*, 2006)

Buscando conceituar Ciclo Hidrológico, Goldenfum & Tucci (1996) afirmaram que o termo se refere à circulação de água entre a litosfera e a atmosfera, impulsionada pela resultante entre o movimento de rotação terrestre, a força gravitacional e a energia da irradiação solar, sendo esta última a principal componente do fenômeno cíclico.

Pode-se dizer que o Ciclo Hidrológico é composto por cinco etapas: A) precipitações atmosféricas: chuva, orvalho, granizo e neve; B) escoamentos superficiais: torrentes e rios; C) escoamentos subterrâneos: percolação e movimentação da água no lençol freático; D) armazenamento temporário em lagos, represas, geleiras, aquíferos e oceano e E) Evapotranspiração: transpiração dos seres vivos e evaporação na superfície dos corpos d'água ou do solo (TUCCI, 1993). Outra importante fase do Ciclo Hidrológico, que pode ser encarada como sendo uma sexta etapa, está relacionada com a água presente da biomassa viva, onde está desempenha as mais variadas funções, como por exemplo, servir de meio para as reações metabólicas no compartimento celular, regulação da temperatura dos organismos e atuar como solvente agindo no transporte de nutrientes e na eliminação de toxinas (GUYTON, 2008).

Iniciando a caracterização do Ciclo Hidrológico pela precipitação atmosférica considera-se que a água precipitada pode atingir a superfície da Terra tanto na porção oceânica, como na porção continental onde poderá seguir por diferentes caminhos.

Quando a água de precipitação atinge uma região de vegetação, parte dela é interceptada pela biomassa vegetal. Em florestas, por exemplo, uma determinada fração da água das chuvas é retida pelas copas das árvores. As gotas que colidem com as folhas, mas que escoam pelo limbo e caem ao solo é considerada componente da precipitação interna. No entanto as gotas que ficam temporariamente retidas e retornam à atmosfera através da evaporação é a componente principal do processo conhecido como interceptação vegetal (MOURA, 2007).

A precipitação interna é toda a água da chuva que atinge o piso florestal, incluído as gotas que passam diretamente pelas aberturas entre as copas das árvores e as gotas que respingam do dossel (LIMA, 1996). O somatório entre o volume da precipitação interna e o que escoam pelo tronco das árvores compõem a precipitação efetiva, que segundo Arcova *et al.* (2003) é toda a água que chega ao piso florestal em decorrência de uma precipitação atmosférica.

De uma maneira geral pode-se dizer que a massa de folhas é a principal responsável pela interceptação das chuvas, pois mesmo a água que escoar pelo tronco tem é interceptada inicialmente, em sua maior parte, pelas folhas das árvores.

A precipitação efetiva é responsável pela recarga de água no solo, porém antes de infiltrar-se, a água sofre outros dois importantes desvios: a absorção de parte do volume da precipitação efetiva pela serapilheira encontrada na superfície dos solos florestais e o escoamento superficial, processo no qual a água escoar pela superfície do terreno quando a intensidade da precipitação supera a capacidade de infiltração do solo e as depressões do terreno, que funcionam como retentoras ficam completamente preenchidas (GARCEZ, 1974).

O caminho seguido pela água durante o escoamento superficial é determinado pelas linhas de maior declividade do terreno e, também, por obstáculos existentes no trajeto. Quando a água escoar desta maneira apenas guiada pelo relevo da área ela é caracterizada como sendo água livre (MARTINS, 2008 a).

A partir do momento em que a água atinge os pontos mais baixos do relevo, passa a escoar por canalículos preferenciais e inicia o processo de erosão natural que aumenta gradativamente as dimensões dos canalículos, formando assim as torrentes, esta é caracterizada como sendo água sujeita (MARTINS, 2008 a).

A água que consegue infiltrar no solo se movimenta preferencialmente na vertical, através dos poros formados entre as estruturas granulares do solo, este processo é denominado percolação. Nas primeiras camadas do solo a água pode retornar à fase atmosférica através da aspiração capilar provocada pela evaporação superficial. Outra forma de captura da água nas primeiras camadas é a absorção pelas raízes das plantas. Na zona radicular, parte da água é retirada do solo e devolvida à atmosfera via transpiração vegetal (GARCEZ, 1974).

A ação da gravidade dita o movimento descendente da água no solo até que esta alcance o lençol freático (MARTINS 2008 b). A partir daí a água inicia uma lenta trajetória determinada pela declividade dessas camadas impermeáveis, o caminho tem fim quando a água subterrânea encontra a superfície terrestre e começa a minar por



uma fonte, são as chamadas nascentes ou mananciais (GARCEZ, 1974). Deste modo a água estará novamente suscetível à evaporação.

Os mananciais dão origem a pequenos cursos d'água que percorrem o relevo no sentido da maior declividade até encontrar outros cursos d'água, formando os ribeirões e os rios que deságuam no oceano, via de regra cada gota que ali chega é armazenada até o momento de seu retorno à atmosfera como vapor d'água.

O ângulo molecular da água na forma de vapor a torna mais leve, por isso na atmosfera ocorre a ascensão do vapor de água, que quando alcança as camadas atmosféricas com temperaturas mais baixas sofre condensação dando origem as nuvens. Ao encontrar massas de ar frio a condensação da água nas nuvens se intensifica e ocorre a formação de gotas pesadas que não conseguem se sustentar no ar e precipitam na forma de chuva voltando mais uma vez à superfície da Terra, dando assim continuidade ao perpétuo movimento cíclico (FERREIRA, 2011).

### **3.2 - Erosão hídrica e conservação do solo**

Dos componentes do ciclo hidrológico, talvez o que mereça mais atenção, do ponto de vista da conservação do solo, seja o escoamento superficial, pois a água que escoar descontroladamente pela superfície do terreno está diretamente associada à ocorrência de erosões, onde as partículas do solo são transportadas das cotas mais elevadas do até as regiões de baixada, podendo chegar até ao leito de rios, lagos e reservatórios causando o assoreamento destes.

A remoção das partículas do solo pela água é responsável, em um primeiro momento, pela perda de nutrientes e de material orgânico, sendo que em estágios mais avançados desencadeiam a deterioração de habitats, redução do valor estético da paisagem e a formação de processos agravados de erosão como as voçorocas (TONELLO, 2009).

Uma forma eficiente de proteger os solos contra a erosão é manter a cobertura vegetal dos ecossistemas, deste modo as áreas de florestas primárias se apresentam como o cenário ideal sob a ótica de conservação dos recursos edáficos (SALOMÃO, 2005). No entanto o uso alternativo do solo é necessário para satisfazer as necessidades humanas, principalmente no que se diz respeito à alimentação, habitação, mobilidade e manutenção dos padrões contemporâneos de qualidade de vida.

No setor silvicultural, Lima (1996) afirma ser comum encontrar inferências sobre a inadequação dos plantios para fins de controle da erosão. Cita ainda que a necessidade de preparo do solo e a falta de proteção entre o corte raso e o estabelecimento da rebrota ou de das mudas de um novo plantio, são fatores que podem resultar perdas consideráveis de solo por erosão.

Logo se torna evidente a necessidade de priorizar formas de cultivo que minimizem ou anulem o processo erosivo nas atividades florestais e agrícolas. No entanto, existem situações nas quais a adoção de práticas vegetativas por si só não garantem a proteção e é necessária a adoção de mecanismos artificiais para proteger o solo contra os processos erosivos.

A EMATER-MG (2008), por meio de orientações aos produtores rurais, incentivou a adoção de práticas mecânicas para a conservação do solo, tais como bacias, canais, terraços e barraginhas. Estas técnicas visam a redução da velocidade da água de escoamento superficial e consequente diminuição do seu potencial erosivo.

O terraceamento é uma prática conservacionista, de caráter mecânico, cuja implantação envolve a movimentação de terra por meio de cortes (canais) e aterros (camalhões). Os terraços são estruturas na forma de canais, dispostos no sentido transversal à declividade do terreno, que formam obstáculos físicos e controlam o escoamento superficial das águas da chuva ou da irrigação (PRUSK *et al.*, 2009).

A diminuição da velocidade da água, por obstáculos naturais ou artificiais, propicia um maior tempo de contato entre a água e a superfície do solo. Isto resulta em maior taxa de infiltração e menores perdas de água por escoamento superficial.

A intensidade do escoamento superficial, em campo, pode ser expressa pelo coeficiente de escoamento superficial. Também chamado de coeficiente de deflúvio ou coeficiente de *run off*, o coeficiente de escoamento superficial é a razão entre o volume de água escoado superficialmente, captado em um ponto específico de drenagem de uma área conhecida, e o volume de água precipitado na mesma área considerada (EAGLESON, 1970).

### **3.3 - Parâmetros qualitativos da água**

Entende-se por água de qualidade aquela que pode ser destinada ao uso em diferentes atividades humanas ligadas ao consumo direto e indireto, tais como: dessedentação, preparo de alimentos, banho e demais usos domésticos, emprego na indústria, dessedentação de animais e em exercícios de esporte e lazer.

As impurezas que conferem alterações na qualidade da água estão associadas, em sua maior parte, à presença de sólidos, sendo que estes podem ser de natureza mineral ou orgânica e apresentar diferentes granulometrias. Matos (2010) alertou que os maiores teores de partículas sólidas minerais estão presentes em corpos d'água que drenam bacias hidrográficas que apresentam uso inadequado do solo. O mesmo autor qualifica a erosão como uma fonte não pontual de poluição e afirma que 80% dos problemas de alteração na qualidade das águas tem origem em algum processo erosivo.

Os sólidos suspensos na água, tais como argila, silte, areia e partículas orgânicas, são responsáveis pela redução da capacidade que uma amostra tem de funcionar como lente e permitir a travessia de feixes de luz sem que estes sofram desvios, ou seja, torna a água mais turva. Esta capacidade, de desvio da luz, que os sólidos suspensos conferem à água é denominada turbidez (RICHTER & NETTO, 1991).

A erosão, principalmente próximo às margens dos rios é um exemplo de fenômeno que resulta em aumento da turbidez das águas. Altos índices de turbidez suprimem a atividade de algas fotossintéticas importantes para o equilíbrio da vida

aquática acarretando, portanto a queda da produção de peixes nos corpos hídricos que recebem efluentes turvos. Além disso, a turbidez elevada afeta adversamente os usos doméstico, industrial e recreacional das águas (CETESB, 2005).

A concentração do íon hidrogênio ( $H^+$ ) é um parâmetro de qualidade muito importante, pois seu valor determina a maioria dos equilíbrios das reações bioquímicas.

A forma usual de se expressar a concentração do íon  $H^+$  em uma amostra é através do seu potencial hidrogênionico, ou simplesmente pH, cuja a definição é dada por:  $pH = -\log_{10} [H^+]$ ; o valor natural de pH pode variar de 0 a 14, sendo o valor 7 considerado a faixa neutra, pois representa o pH na água pura. A maior parte das reações químicas e as principais atividades microbiológicas apresentam maior eficiência na faixa de pH entre 6 e 8 (SOUSA, 2001).

Um terceiro parâmetro físico analisado em estudos da qualidade da água é a condutividade elétrica. A condutividade elétrica é a medida da habilidade de uma amostra em conduzir uma corrente elétrica devido à presença de íons dissolvidos (LIBÂNIO, 2005).

Altos valores de condutividade elétrica podem indicar uma água eutrofizada, com alta carga de material orgânico dissolvido ou, até mesmo, poluída por moléculas residuais de agrotóxicos. Esse parâmetro varia de acordo com a concentração, mobilidade, valência dos íons presentes na solução e também com a temperatura, por isso os ensaios envolvendo a medição de condutividade elétrica devem ser realizados sob temperatura controlada, geralmente na faixa entre 20 e 25°C (PINTO, 2007).

Apesar dos parâmetros físicos apresentarem estreita relação com os processos erosivos ocorrentes nas áreas de uso antrópico, a padronização dos valores de referência para água de escoamento superficial coletada diretamente no terreno ainda não estão descritos na literatura. Este fato limita a interpretação ambiental dos estudos sobre a qualidade da água de escoamento e muitas vezes alguns autores utilizam as referências adotadas para avaliação da água para o consumo humano ou para a utilização industrial.

### **3.4 - Panorama atual da eucaliptocultura brasileira**

Em 2012, a área brasileira de plantios de eucalipto atingiu 5,1 milhões de hectares, um crescimento de 4,7% em relação ao ano de 2011. As áreas cobertas por povoamentos de eucalipto representaram 76,6% da área total de plantios florestais no país. No mesmo ano o consumo interno de madeira em toras proveniente de plantios florestais foi de 182,4 milhões de metros cúbicos (m<sup>3</sup>), um indicador 7,2% superior ao de 2011 (ABRAF, 2013).

A turbulência da economia global, nos últimos dois anos, afetou gravemente o setor siderúrgico, que é um dos principais clientes da indústria de carvão vegetal produzido através da madeira de plantios florestais, principalmente de eucalipto (PAULA, 2012). Neste período as exportações de ferro gusa apresentaram decréscimo significativo, no entanto o próprio aumento no consumo interno de aço, bem como os novos projetos da indústria de celulose no Brasil foram suficientes para impulsionar o crescimento do setor florestal mesmo diante de frequentes recessões econômicas (PAULA 2012; BRACELPA, 2013).

Do ponto de vista técnico a eucaliptocultura tem sido caracterizada predominantemente por plantios conduzidos nos arranjos espaciais 3 x 2; 3 x 3 ou 3 x 4 m e atendendo uma rotação de 5 a 7 anos (WILCKEN, 2008).

Muito se foi feito até o momento acerca de esclarecimento sobre a cultura do eucalipto, no entanto novos desafios surgem, principalmente no âmbito social, de modo que novas pesquisas são necessárias no sentido de consolidar o que ainda é desconhecido ou não foi totalmente esclarecido.

No final do século passado Lima (1996) sugeriu a ampliação de pesquisas agroflorestais a fim de definir combinações adequadas de cultivos tanto em escala de pequenas propriedades quanto em plantações industriais, ressaltando os aspectos benéficos de uma melhor integração entre os plantios florestais, as prioridades regionais de uso da terra e as adequações ambientais necessárias ao desenvolvimento sustentável da cultura do eucalipto.

## 4 - MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 - Área de estudo e período de coleta de dados

O presente trabalho foi executado em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* implantado em fevereiro de 2007, no espaçamento de 3 x 2 m conduzido em área de encosta de Latossolo Vermelho Amarelo com declividade entre 14 e 25% (8-14°) no *campus* da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

O município de Viçosa está localizado na Zona da Mata mineira, de acordo com a classificação Köppen, o clima encontrado na região é classificado como Cwb com verão chuvoso e inverno seco, pluviometria anual média de 1.221 mm e temperatura média anual de 19° C (VIANELLO e ALVES, 1991).

Os dados utilizados neste estudo compreendem o período de outubro de 2010 a junho de 2013. As informações anteriores a outubro 2012 foram resgatadas do banco de dados do Laboratório de Hidrologia Florestal da UFV, enquanto as informações posteriores a esta data foram coletadas durante a execução deste estudo.

## **4.2 - Estratificação da área pela declividade**

Através de uma estrada que cruza o plantio na direção paralela às curvas de nível identificou-se dois talhões. O talhão localizado acima da estrada apresentou declividades menos acentuadas, variado entre 14 e 17%, e o talhão abaixo da estrada declividades mais acentuadas, variando entre 20 e 25%. Foram adotadas estas duas faixas de declividade, 14-17% e 20-25%, nas análises processadas em função da declividade do terreno.

## **4.3 - Alocação e caracterização das parcelas de precipitação em aberto e de precipitação interna**

A precipitação em aberto foi medida através de um pluviógrafo digital alocado em pátio descoberto no viveiro de produção de mudas do Departamento de Engenharia Florestal da UFV, localizado a 500 m de distância da área do povoamento estudado.

A precipitação interna foi medida por pluviômetros, confeccionados a partir de tubos e conexões de PVC, a abertura proporcionada por esse modelo foi de 100 mm de diâmetro.

Os pluviômetros foram instalados em duas parcelas alocadas no sub-bosque do povoamento, uma parcela foi alocada na declividade de 14-17% e a outra na declividade de 20-25%. Cada parcela foi composta por seis pluviômetros, sendo que desses, três foram instalados na entrelinha do plantio e os outros três entre as árvores de eucalipto, na linha do plantio, conforme esquematizado na Figura 2. Procedeu-se regularmente visitas às parcelas para efetuar a leitura dos valores da precipitação armazenada pelos pluviômetros. Estes valores foram obtidos através do descarregamento da água presente nos reservatórios dos pluviômetros em uma proveta graduada.

#### 4.4 - Alocação e caracterização das parcelas de escoamento superficial

Cada parcela de escoamento superficial foi delimitada utilizando-se quatro lâminas galvanizadas de 30,0 cm de largura; 10,0 cm das lâminas foram enterradas no solo de modo que 20,0 cm sobraram para fora servindo como borda (Figura 1). A altura de 20,0 cm para as bordas garantiam que durante as chuvas a água escoada nas áreas circunvizinhas não entrasse na área das parcelas e também que a água precipitada dentro da parcela não escoasse para fora destas.

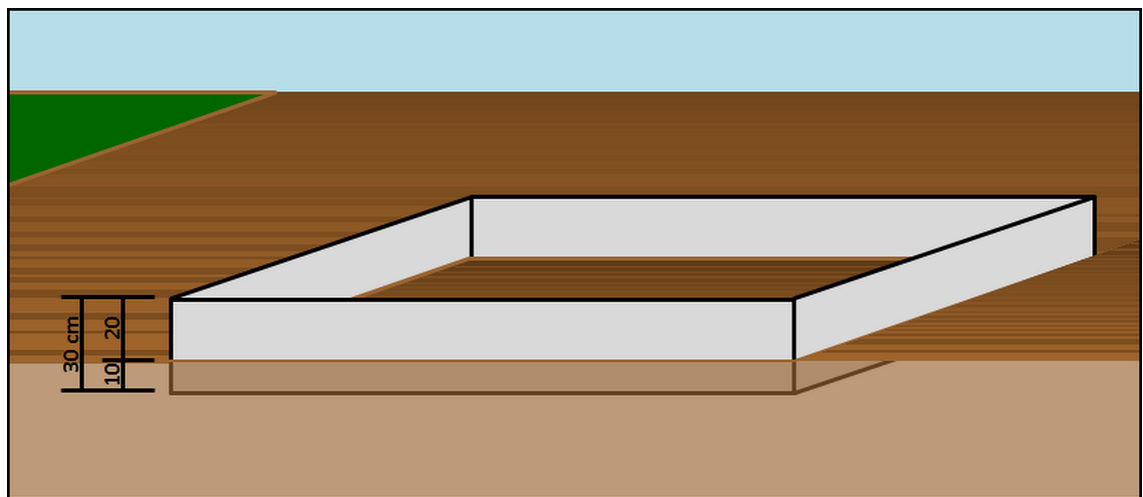


Figura 1 - Desenho esquemático, em perspectiva, com as quatro lâminas galvanizadas formando uma parcela de coleta de água de escoamento superficial.

As parcelas foram projetadas para terem dimensão de 9 x 6 m de modo que cada uma delas pudesse conter nove árvores de eucalipto (Figura 2). Porém, devido a pequenos ajustes no momento da confecção destas e, também, por as parcelas possuírem as bordas inferiores na forma de trapézios, as áreas de cada uma delas foram calculadas através dos valores de suas dimensões reais, medidas com fita métrica, logo após a instalação em campo.

Parte da água precipitada dentro da parcela foi infiltrada no solo ou absorvida pela serapilheira do piso florestal, a fração livre de água, aquela que não foi infiltrada ou absorvida, escoou dentro da parcela até a borda inferior, onde um tubo de PVC de 4,0 polegadas conectava a parcela a galões, com capacidade para armazenar até 50



litros, estes galões serviram como reservatórios abrigando a água de escoamento superficial até o momento da coleta (Figura 2).

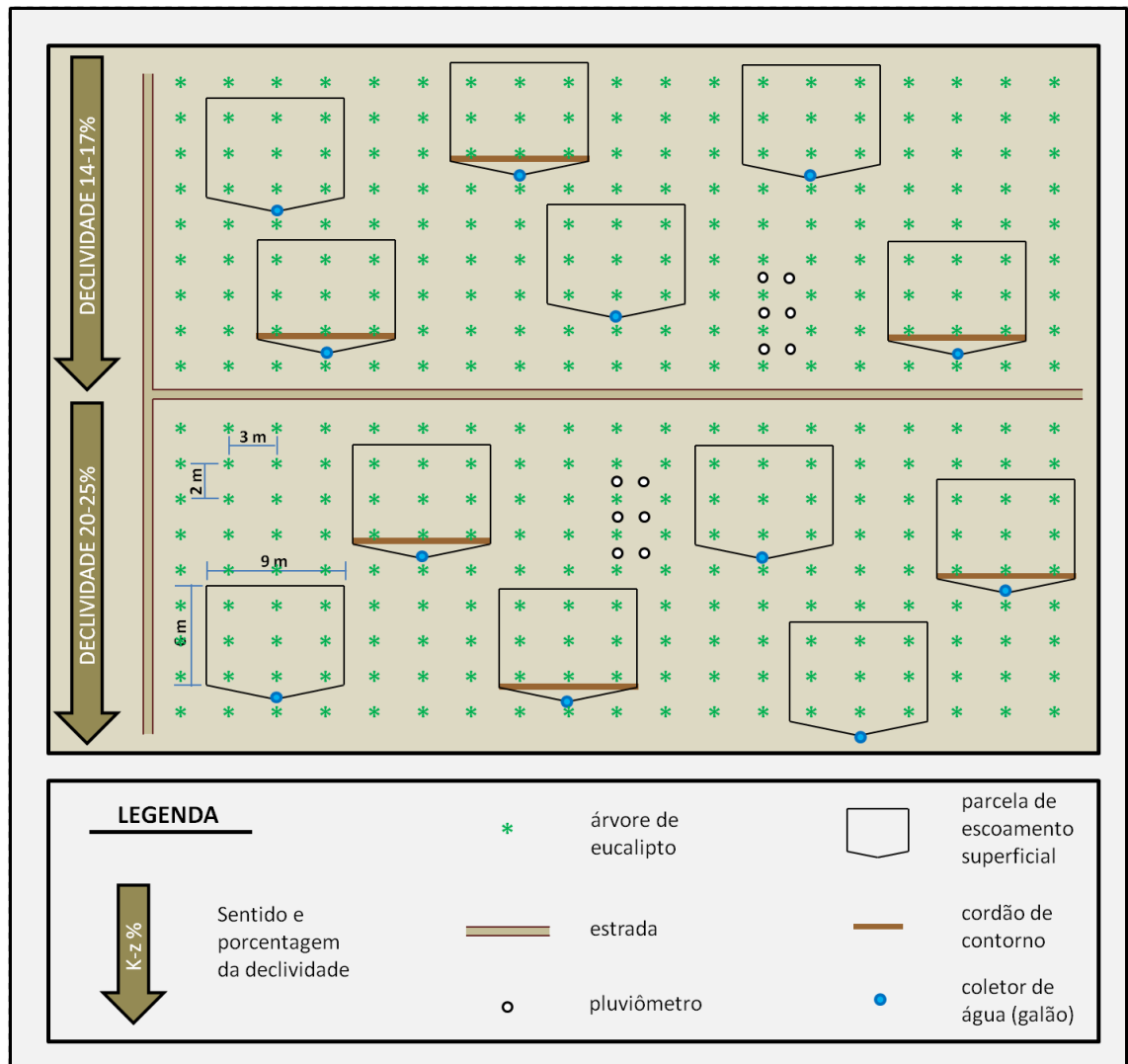


Figura 2 - Desenho esquemático, em planta baixa, das 12 parcelas usadas para coleta da água de escoamento superficial e das duas parcelas, composta por seis pluviômetros para coleta da água de precipitação interna.

Para avaliar a influência da declividade nos valores de escoamento superficial foram instaladas, de forma casualizada, seis parcelas na declividade de 14-17% e seis parcelas na declividade de 20-25%. Em cada um dos dois talhões com diferentes declividades foram selecionadas aleatoriamente três parcelas para receberem a técnica do cordão de contorno.

Os cordões de contorno foram feitos próximo à borda inferior da parcela, a uma distância de 40,0 cm do ponto de coleta da água, tomando-se o cuidado de fazê-los no sentido das linhas de nível. Foram adotados cordões de contorno com dimensões de 25,0 cm de profundidade; 40,0 cm de largura e 9,0 metros de comprimento de modo que estes atravessaram todo o comprimento das parcelas.

Os cordões de contorno foram confeccionados com uma enxada, fazendo-se um canal sempre no sentido das curvas de nível, o solo removido foi assentado próximo à borda da menor declividade formando assim um camalhão que auxiliou no processo de contenção da água de escoamento superficial.

Foram alocadas 12 parcelas representando quatro tratamentos compostos por três repetições cada um. Os tratamentos aplicados foram:

T1 - Parcela com cordão de contorno em declividade variando entre 14 a 17%;

T2 - Parcela sem cordão de contorno em declividade variando entre 14 a 17%;

T3 - Parcela com cordão de contorno em declividade variando entre 20 a 25%;

T4 - Parcela sem cordão de contorno em declividade variando entre 20 a 25%.

Foi procedida periodicamente a coleta da água de escoamento superficial despejando-se o conteúdo dos galões em um balde graduado, alíquotas de 100 mL da água de escoamento superficial de cada parcela foram reservadas e conduzidas para análises qualitativas (item 4.7.).

#### **4.5 - Conversões utilizadas**

Os valores dos parâmetros obtidos na leitura direta em campo são limitados, pois não permitem comparações entre estudos com adoção de métricas diferentes nas dimensões das parcelas e, ou, dos pluviômetros, portanto foi necessário aplicar conversões para a transformação das leituras de campo em valores expressos nas unidades convencionais.

Ao se descarregar os dados armazenados na memória do pluviógrafo digital localizado em pátio descoberto, obteve-se os valores relacionados às precipitações em aberto já na unidade usual, não sendo por tanto, necessária a utilização de operações de conversão.

Porém os valores de leitura coletados nas parcelas de precipitação interna e, também, nas parcelas de escoamento superficial receberam respectivamente as transformações [A] e [B]:

[A] - Leitura do volume absoluto de água presente nos reservatórios dos pluviômetros em volume de água precipitada, utilizando-se a seguinte equação:

$$P_I = 40 \times \frac{\sum VP_{m_i}}{n_i \pi d^2} \quad ; \text{ onde:}$$

$P_I$  corresponde ao volume médio de água precipitado, em  $L.m^{-2}$  ou  $mm$ , na parcela de precipitação interna;

$VP_{m_i}$  corresponde ao volume de água, em  $mL$ , coletado dos reservatórios de cada pluviômetro presente na parcela de precipitação interna;

$n_i$  corresponde ao número de pluviômetros em cada parcela de precipitação interna;

$d$  corresponde ao diâmetro de abertura (boca de coleta), em  $cm$ , dos pluviômetros adotados.

[B] - Leitura do volume absoluto de água presente nos galões coletores de água de escoamento superficial em volume de água escoado relativo à área da parcela, utilizando-se a seguinte equação:

$$V_{ES} = \frac{V_i}{A_i} \quad ; \text{ onde:}$$

$V_{ES}$  corresponde ao volume de água, em  $L.m^{-2}$  ou  $mm$ , em escoado na parcela de escoamento superficial;

$V_i$  corresponde ao volume de água, em *litros (L)*, coletado do galão que reserva a água escoada na parcela;

$A_i$  corresponde à área, em  $m^2$ , da parcela.

#### 4.6 - Coeficiente de escoamento superficial

Neste estudo considerou-se a precipitação interna ( $P_i$ ) para o cálculo do coeficiente de escoamento superficial, que foi obtido através da seguinte equação:

$$C(\%) = \frac{V_{ES}}{P_i} \times 100 \quad ; \text{ onde:}$$

$C(\%)$  corresponde ao coeficiente de escoamento superficial, em porcentagem;

$V_{ES}$  corresponde ao volume de água, em  $L.m^{-2}$  ou  $mm$ , escoado na parcela de escoamento superficial;

$P_i$  corresponde ao volume médio de água precipitado, em  $mm$  ou  $L.m^{-2}$ , na parcela de precipitação interna.

#### 4.7 - Análise físico-qualitativa da água de escoamento superficial

As alíquotas contendo a água de escoamento superficial, coletadas nas parcelas instaladas em campo, foram encaminhadas ao Laboratório de Hidrologia Florestal da UFV, onde foram submetidas a análises físico-qualitativas que caracterizaram a água de escoamento superficial em relação aos parâmetros: turbidez; condutividade elétrica e pH. Os aparelhos utilizados para obtenção destes parâmetros foram respectivamente: condutivímetro portátil modelo DM-3P; Turbidímetro portátil modelo DM-TU e pHmetro portátil modelo DM-2P.

#### 4.8 - Análise estatística

As análises estatísticas foram executadas no software STATISTICA (StatSoft, Inc., 2012), onde foram testadas as pressuposições de homocedasticidade (Teste Cochran C) e de normalidade (Teste Lilliefors) dos coeficientes de escoamento superficial e dos valores de turbidez, condutividade elétrica e pH, a 5% de significância. Para os coeficientes de escoamento superficial foi necessário transformar os dados para atender a normalidade, para tanto foi utilizada a seguinte expressão:

$$C_{\text{TRANS}} = \text{Ln}(C + 1) \quad ; \text{ onde:}$$

$C_{\text{TRANS}}$  corresponde o valor transformado do coeficiente de escoamento superficial;

$\text{Ln}$  é o operador de transformação que retorna o logaritmo natural;

$C$  é valor a ser transformado e corresponde ao coeficiente de escoamento superficial em porcentagem.

Em sequência foi aplicada a análise de variância (ANOVA) a 5% de significância, para verificar o efeito dos tratamentos e, quando significativo, comparou-se o grupo de valores de cada tratamento dois a dois utilizando-se o Teste t a 5% de significância.

## 5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 - Avaliação da precipitação em aberto e da precipitação interna

Para todo o período de análise, 33 meses, a precipitação em aberto na área estudada foi de 3.673,0 mm, sendo os valores anuais para 2011 e 2012 respectivamente 1.334,5 e 989,7 mm.

Houve ocorrência de déficit de chuvas no ano de 2012, visto que a média anual histórica observada para a região de Viçosa é de 1.221 mm (VIANELLO e ALVES, 1991), foi possível notar que neste ano o período de estiagem foi menor, de junho a agosto, comparado com 2011, quando o período de estiagem foi de maio a setembro. No entanto o volume de chuvas, em 2012, foi reduzido principalmente nos meses de fevereiro e março (comparativo entre A e B da Figura 3).

Nos últimos dois anos completos os meses de menor pluviosidade foram julho e agosto e a época das chuvas foi registrada de outubro a março.

Não foi detectada diferença ( $p > 0,05$ ) entre os valores de precipitação interna medidos na linha e na entrelinha no tempo atual, com o povoamento na idade de 6,5 anos. Esta observação foi recorrente em todo o período analisado e a precipitação interna apresentou valores semelhantes tanto na linha como na entrelinha para os 33 meses de coleta (Figura 3).

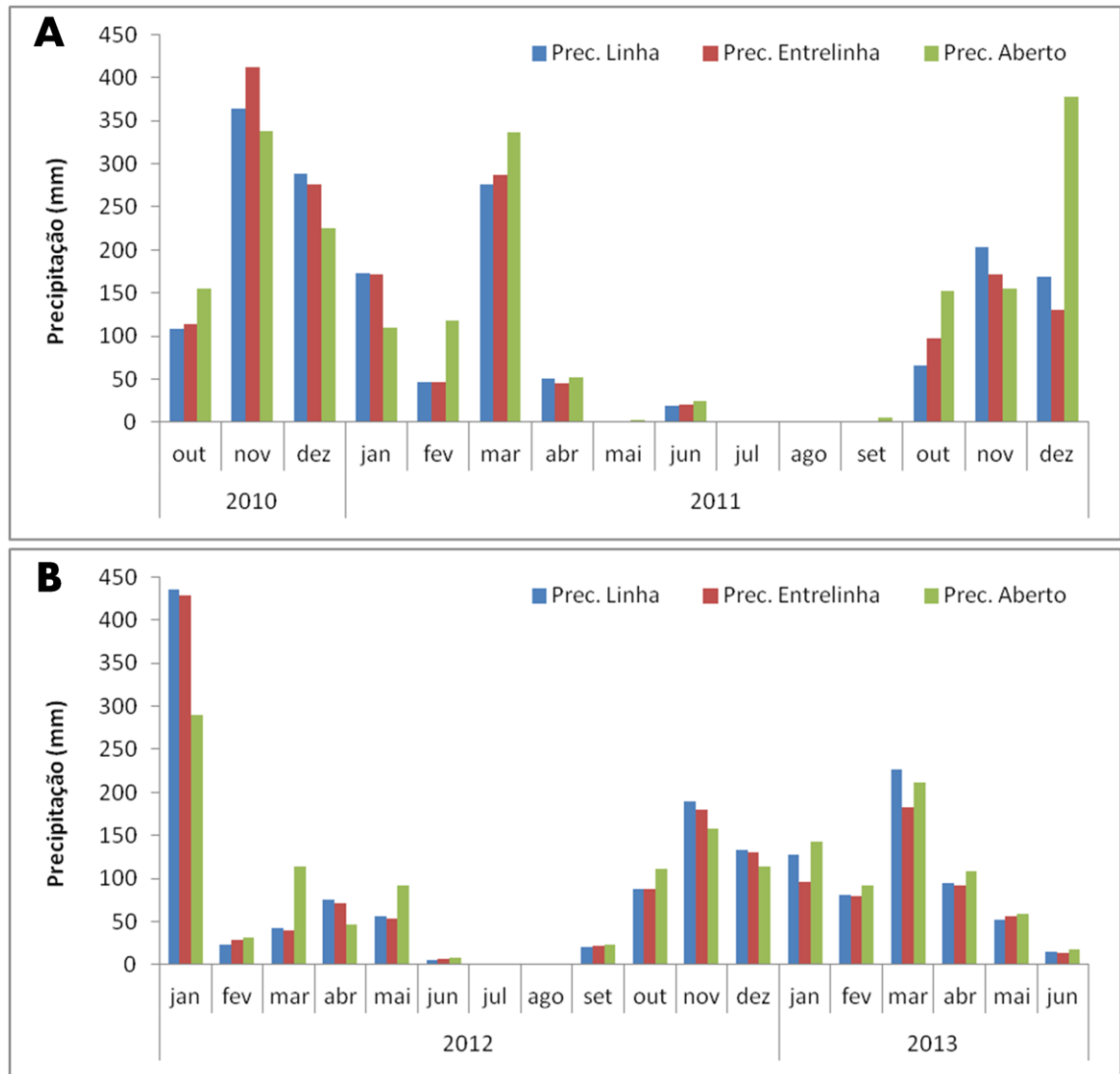


Figura 3 - Distribuição mensal da precipitação em aberto e da precipitação interna, na linha e na entrelinha do povoamento para período entre outubro de 2010 e dezembro de 2011 (A) e entre janeiro de 2012 e dezembro de 2013 (B) em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* na região de Viçosa, MG.

Nos primeiros meses após o plantio a precipitação interna é considerada igual à precipitação em aberto, isso prevalece até as plantas atingirem cerca de um metro de altura quando desenvolvem copas com maior diâmetro de projeção. A partir daí os valores de precipitação interna na entrelinha do plantio são superiores aos verificados na linha, prevalecendo assim até o fechamento do dossel.

Segundo Oliveira *et al.* (2006), o recobrimento total do terreno pelas copas da árvores em plantios de eucalipto, nos espaçamentos entre 3,33 x 2,0 m e 3,33 x 3,0 m ocorre por volta dos dois anos após o plantio. Como as primeiras coletas do presente estudo foram realizadas na idade de 3,5 anos do povoamento, a homogeneidade verificada em relação ao volume de precipitação interna no sub-bosque era esperada.

Os talhões de plantios estavam adjacentes a uma área de mata nativa, este fato associado à ausência de práticas silviculturais de limpeza no sub-bosque como a roçagem favoreceu o início do processo de regeneração natural no sub-bosque.

Foi possível observar que nos meses mais chuvosos, como janeiro (2011 e 2012), novembro (2010, 2011 e 2012) e dezembro (2010 e 2012), os registros de precipitação interna foram superiores aos de precipitação em aberto (Tabela 1). Isto pode estar relacionado com a presença de plantas no sub-bosque do povoamento. Os ramos das plantas podem funcionar como ductos de água durante as precipitações mais intensas, logo os pluviômetros podiam ter recebido um alto fluxo de água dos ramos das plantas próximas e com alturas semelhantes à altura de instalação dos aparelhos.

Tabela 1 - Precipitação interna e em aberto mensais e acumuladas, em mm, para o período entre outubro de 2010 e junho de 2013 para um povoamento de *Eucalyptus urophylla* na região de Viçosa, MG.

ANO	TIPO DA PRECIP.	PRECIPITAÇÃO INTERNA (mm)												
		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
2010	Interna	-	-	-	-	-	-	-	-	-	111,3	388,0	282,7	<b>782,0</b>
	Em aberto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	155,0	337,5	225,5	<b>718,0</b>
2011	Interna	172,4	47,0	281,3	48,1	0,0	19,8	0,0	0,0	0,0	81,3	187,3	149,4	<b>986,6</b>
	Em aberto	110,0	117,5	337,0	52,8	2,6	24,4	0,0	0,2	4,8	152,9	155,1	377,2	<b>1334,5</b>
2012	Interna	431,6	26,4	41,0	73,8	54,7	6,3	0,0	1,6	21,3	87,6	184,5	131,7	<b>1060,4</b>
	Em aberto	289,5	31,3	114,2	46,9	91,5	7,7	0,9	1,9	23,4	110,7	158,2	113,5	<b>989,7</b>
2013	Interna	111,8	80,3	204,6	93,2	53,8	14,4	-	-	-	-	-	-	<b>558,1</b>
	Em aberto	143,2	92,1	211,2	108,2	58,5	17,6	-	-	-	-	-	-	<b>630,8</b>



## 5.2 - Avaliação do escoamento superficial

O escoamento superficial foi diminuindo gradativamente com o passar do tempo conforme mostra a Tabela 2. Com o crescimento das árvores a interceptação pelas copas aumenta, impedindo que todo o volume de água precipitado sobre o povoamento chegue ao solo. Porém a principal causa para este decréscimo foi a alta capacidade de retenção de água promovida pela matéria orgânica acumulada no solo devido a queda de folhas e ramos das árvores, à medida que o povoamento cresce a camada de serapilheira fica cada vez mais espessa e passam a reter maiores quantidades, em volume, de água da chuva.

Tabela 2 - Coeficientes de escoamento superficial encontrados nos diferentes tratamentos seguidos de suas respectivas médias totais anuais, para os anos de 2010 a 2013 em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* na região de Viçosa, MG.

ANO	ESCOAMENTO SUPERFICIAL (%)				MÉDIA TOTAL	PRECIP. INTERNA (mm)
	T1 CC / 14-17%	T2 SC / 14-17%	T3 CC / 20-25%	T4 SC / 20-25%		
2010	0,403 ab	0,868 a	0,307 b	0,427 ab	<b>0,501</b>	782,0
2011	0,341 ab	0,579 a	0,171 c	0,251 bc	<b>0,336</b>	986,6
2012	0,260 ab	0,206 b	0,309 a	0,267 ab	<b>0,261</b>	1060,4
2013	0,064 a	0,148 a	0,163 a	0,150 a	<b>0,131</b>	558,1

Os coeficientes de escoamento superficial médios para 2010, 2011, 2012 e 2013 foram 0,355; 0,256; 0,258 e 0,114% para as áreas onde houve a aplicação do cordão de contorno. E para às áreas se o cordão de contorno os coeficientes médios foram, para os mesmos anos, 0,648; 0,415; 0,237 e 0,149%. A presença do cordão de contorno diminuiu o escoamento superficial em 45% no ano de 2010 e em 24% no ano de 2013.

Ramos e Dias (2007) ao investigarem um povoamento de eucalipto entre o primeiro e o quarto mês após o plantio, conduzido no espaçamento 3 x 2 m, encontraram valores de 0,854 e 1,678% em áreas com e sem a presença do cordão de

contorno respectivamente, neste estudo o cordão de contorno foi responsável pela diminuição de 49% no escoamento superficial. Logo foi possível concluir que, em plantios de eucalipto com densidade aproximada de 1.660 árvores/ha, o cordão de contorno é mais eficiente nos primeiros anos de idade do povoamento. Por outro lado as diminuições sucessivas nos volumes de água de escoamento superficial, verificado nas idades mais avançadas do plantio, consistem em uma proteção natural do solo proporcionada pela capacidade da serapilheira em armazenar temporariamente a água da precipitação efetiva.

Valores superiores aos encontrados para os plantios florestais, em relação ao escoamento superficial, são esperados em solos cultivados com espécies agrícolas anuais ou pastagens, pois nestas modalidades não é formada a camada serapilheira e é comum que haja revolvimento do solo uma ou duas vezes por ano. Santos *et al.* (2009) encontraram valores entre 1,21 e 2,70% para o coeficiente de escoamento superficial em áreas ocupadas pela cultura do feijão.

Pelo Teste t ( $p > 0,05$ ) não foi observado efeito significativo dos tratamentos nos valores de escoamento superficial quando considerado todo o período de análise, outubro de 2010 a junho de 2013. Diante disso resolveu-se considerar estes valores agrupados por ano, deste modo foram detectadas diferenças significativas para os anos de 2010, 2011 e 2012 (Figura 4).

Tanto para 2010 como para 2011 os maiores valores de escoamento superficial foram observados no tratamento T2 correspondente à área sem cordão de contorno na declividade de 14 a 17%, já os menores valores foram para estes anos foram verificados em T3 correspondente à área com cordão de contorno na declividade de 20 a 25%. Já para o ano de 2012 as médias se inverteram de modo que a média associada à T2 foi a menor e a média associada à T3 foi a maior.

Dentro das áreas de declividades semelhantes não houve diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre a adoção e não adoção do cordão de contorno quando aplicado o Teste t a 5% de significância, este fato não foi considerado suficiente para desacreditar esta técnica, antes entendeu-se que o número de três repetições ( $n = 3$ ) utilizadas no delineamento experimental forneceu um t relativamente alto. Isso

porque o grau de liberdade (d.f. = n - 1) compõem o denominador da expressão do cálculo de t, ou seja, t calculado é inversamente proporcional ao valor de d.f.

Assim sendo, com d.f. = 2, as chances de t calculado ser maior que t crítico, condição para se rejeitar a hipótese nula ( $H_0$ ) do Teste t que afirma haver efeito dos fatores considerados sobre a variável estudada, é alta. Logo o Teste t se torna muito exigente e seus resultados devem ser analisados com ajuda de elementos gráficos como o apresentado na Figura 4.

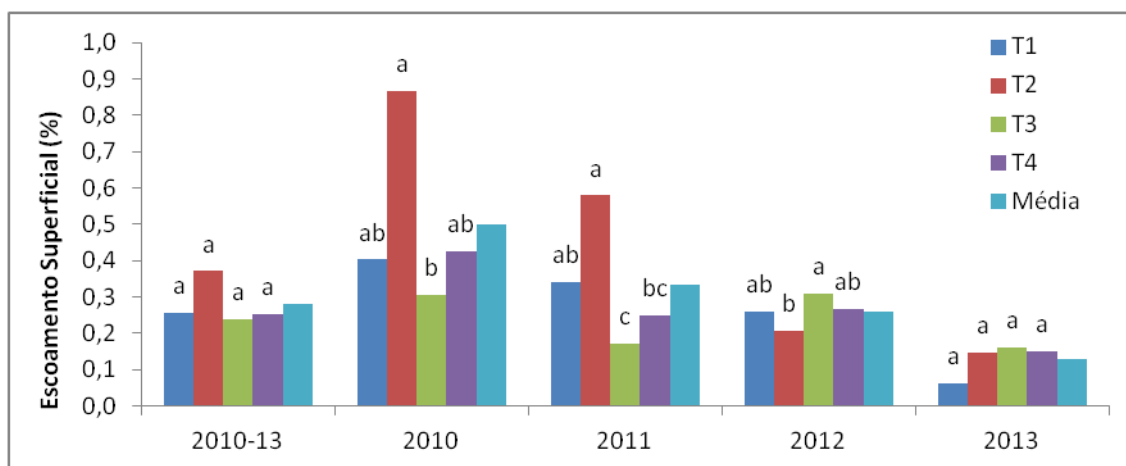


Figura 4 - Coeficientes de escoamento superficial para cada tratamento, considerando as médias mensais para o mesmo ano, seguidos pela média geral para os anos de 2010 a 2013 em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* na região de Viçosa, MG. As médias indicadas com mesma letra dentro dos anos não diferem entre si pelo Teste t ( $p > 0,05$ ).

Diante da visualização gráfica foi possível observar tanto para os anos de 2010 e 2011 quanto para a análise global de todo o período analisado que os coeficientes de escoamento superficial foram menores nas áreas nas quais foi aplicada a técnica de cordão de contorno.

Outro ponto intrigante é o fato de os coeficientes de escoamento superficial apresentarem valores superiores na menor declividade (14-17%) quando comparados com os valores observados na maior declividade (20-25%). Para entender esta contradição foi preciso considerar o intenso ataque de formigas cortadeiras na área do

talhão de menor declividade. As formigas atacaram o povoamento em reboleiras, sendo que algumas dessas reboleiras estavam localizadas dentro de parcelas de T1 e T2. Deste modo o volume precipitação dentro destas durante uma chuva eram maiores, e a capacidade de infiltração de água no solo dentro destas parcelas diminuía rapidamente ocasionando uma maior taxa de escoamento superficial. Este fenômeno foi agravado principalmente em eventos de chuvas mais intensas, por isso acreditasse que, para os últimos anos, as chuvas mais intensas tenham ocorrido no mês de outubro (Tabela 3 e gráfico da Figura 5).

Tabela 3 - Coeficientes de escoamento superficial para cada tratamento, considerando as médias mensais para os anos de 2010 a 2013 em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* na região de Viçosa, MG. As médias indicadas com mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo Teste t ( $p > 0,05$ ).

Mês	ESCOAMENTO SUPERFICIAL (%)				Média Mensal	Precip. Interna (mm)
	T1	T2	T3	T4		
janeiro	0,114 a	0,136 a	0,111 a	0,146 a	0,127	195,1
fevereiro	0,275 ab	0,559 a	0,202 b	0,248 b	0,321	98,1
março	0,195 a	0,228 a	0,126 a	0,142 a	0,173	181,8
abril	0,186 a	0,162 a	0,209 a	0,199 a	0,189	71,8
maio	0,077 b	0,159 ab	0,293 a	0,266 ab	0,199	36,1
junho	0,385 ab	0,616 a	0,276 b	0,368 ab	0,411	13,5
julho	-	-	-	-	-	0,0
agosto	0,033 a	0,044 a	0,034 a	0,010 a	0,030	0,8
setembro	0,813 a	0,439 b	0,633 b	0,534 b	0,605	10,7
outubro	0,630 a	1,074 a	0,559 a	0,551 a	0,703	98,8
novembro	0,131 a	0,227 a	0,174 a	0,198 a	0,182	253,4
dezembro	0,144 a	0,195 a	0,150 a	0,163 a	0,163	188,0
Média Anual	0,271	0,349	0,251	0,257	0,282	1.148,1

A Tabela 3 e o gráfico da Figura 5 apresentam as médias mensais dos coeficientes de escoamento superficial. Para o mês de julho não houve coeficiente de escoamento superficial, pois nas duas amostragens realizadas para este mês (2011 e 2012) não foram registradas ocorrências de precipitação interna.

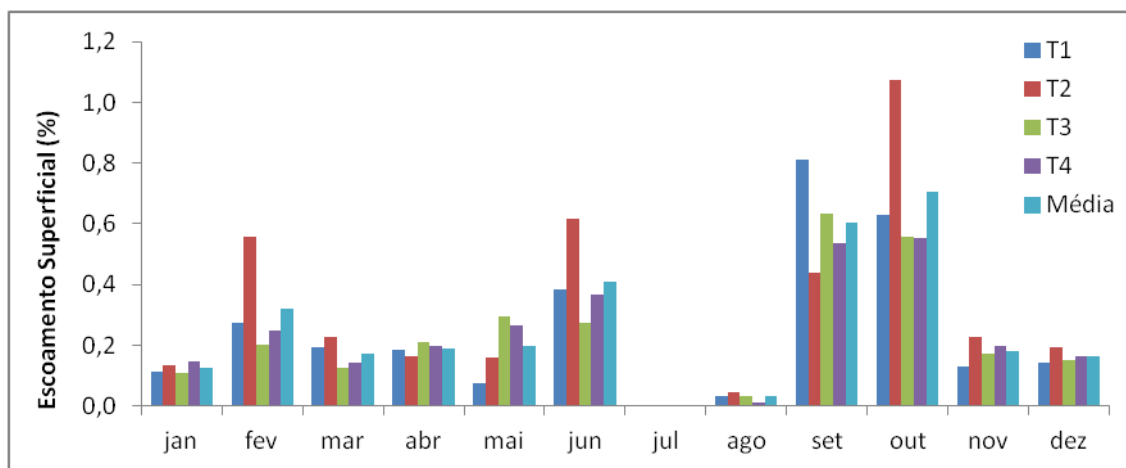


Figura 5 - Coeficientes de escoamento superficial para cada tratamento, considerando as médias mensais dos diferentes anos (2010, 2011, 2012 e 2013), seguidos pela média geral em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* na região de Viçosa, MG. A igualdade entre as medias dentro do mesmo mês segue o apresentado na Tabela 3.

### 5.3 - Caracterização físico-qualitativa da água de escoamento superficial

Os maiores valores médios de turbidez foram encontrados nas áreas que receberam o cordão de contorno (Figura 6), sendo sempre superiores ao dobro dos valores verificados nas áreas onde esta técnica não foi adotada. Foi verificado que a presença do ponto de coleta da água de escoamento superficial muito próximo ao terraço (40 cm) foi o fator responsável pela alta turbidez, durante as chuvas a água de escoamento superficial passava pelo camalhão do cordão e carregava partículas minerais presentes no solo e orgânicas presentes na serapilheira. Contudo acredita-se que a energia cinética da água de escoamento nas condições encontradas no piso florestal recoberto por matéria orgânica não seja suficiente para carrear estas partículas, que causam a turbidez, por muitos metros.

Foi observado o aumento dos valores médios de turbidez nas idades mais avançadas do povoamento devido a constante degradação bioquímica da serrapilheira cada vez mais espessa. Essa degradação natural libera partículas orgânicas, como ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e diversos tipos de huminas (SILVA & MENDONÇA, 2007). Essas partículas orgânicas podem ser facilmente carregadas pela água a pequenas distâncias.

As partículas de maior peso molecular, como as huminas, não apresentam solubilidade na água, por isso ficam suspensas e são responsáveis, juntamente com as partículas minerais do solo, pelo aumento da turbidez (TAN, 1993).

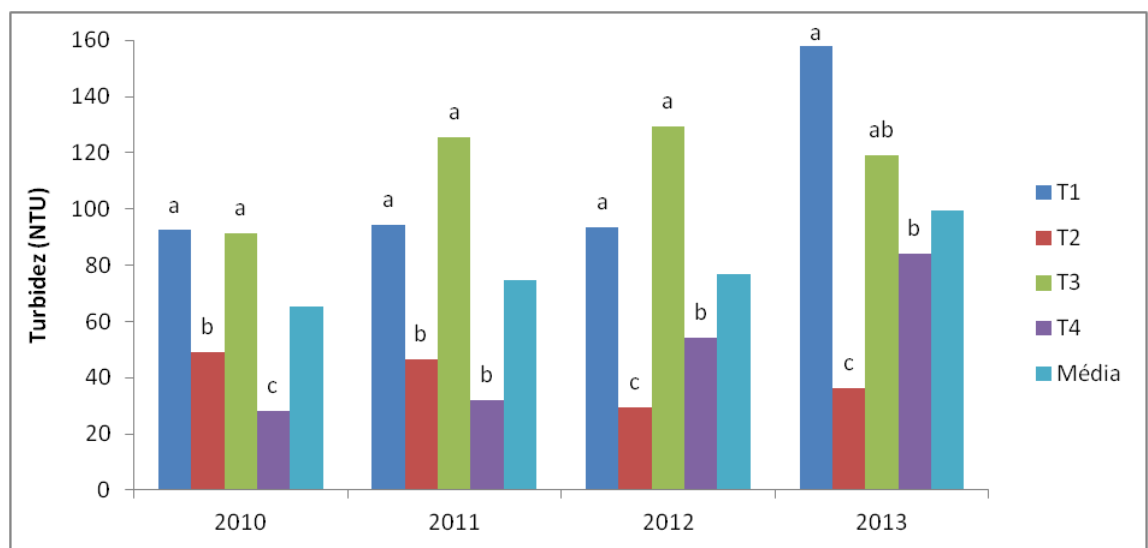


Figura 6 - Valores de turbidez para cada tratamento, considerando as médias mensais do mesmo ano, seguidos pela média geral para os anos entre 2010 e 2013 em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* na região de Viçosa, MG. As médias indicadas com mesma letra dentro dos anos não diferem entre si pelo Teste t ( $p > 0,05$ ).

Não houve diferença significativa nos valores médios de condutividade elétrica entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ), exceto para 2013 quando a condutividade elétrica entre os tratamentos T1 e T2 presentes na declividade de 14-17% diferiram entre si (Figura 7).

Foi observado o aumento da condutividade elétrica nas idades mais avançadas, isto também pode ser atribuído à degradação natural da serrapilheira, porém as

partículas orgânicas responsáveis pelo aumento da condutividade elétrica são àquelas que estão dissolvidas na água como por o ácido fúlvico (TAN, 1993).

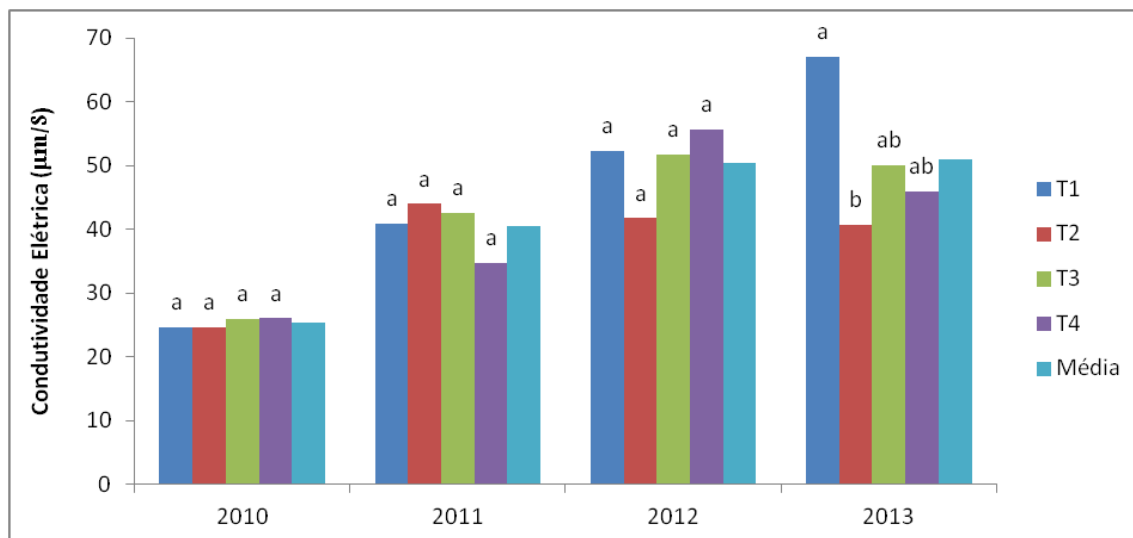


Figura 7 - Valores de condutividade elétrica para cada tratamento, considerando as médias mensais do mesmo ano, seguidos pela média geral para os anos entre 2010 e 2013 em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* na região de Viçosa, MG. As médias indicadas com mesma letra dentro dos anos não diferem entre si pelo Teste t ( $p > 0,05$ ).

Para os valores de pH observou-se variações significativas apenas nos anos de 2012 e 2013, porém como o pH é uma escala logarítmica, grandes variações próximo ao valor neutro ( $\text{pH} = 7$ ) não representam variações de mesma magnitude na concentração real de  $\text{H}^+$  na solução de escoamento superficial (Figura 8).

As médias do pH variaram entre 4,77 e 6,11 apresentando caráter levemente ácido, atribuído principalmente pelas partículas.

A dissolução dos ácidos húmicos é dependente do pH estes se apresentam dissolvidos em soluções alcalinas e suspensos ou precipitados em soluções ácidas. Como a água de escoamento superficial neste estudo foi caracterizada como levemente ácida, a maior parte dos ácidos fúlvicos, para a área estudada, está na forma de partículas suspensas e contribuíram para o aumento da turbidez verificado anteriormente (CURI, 1993).

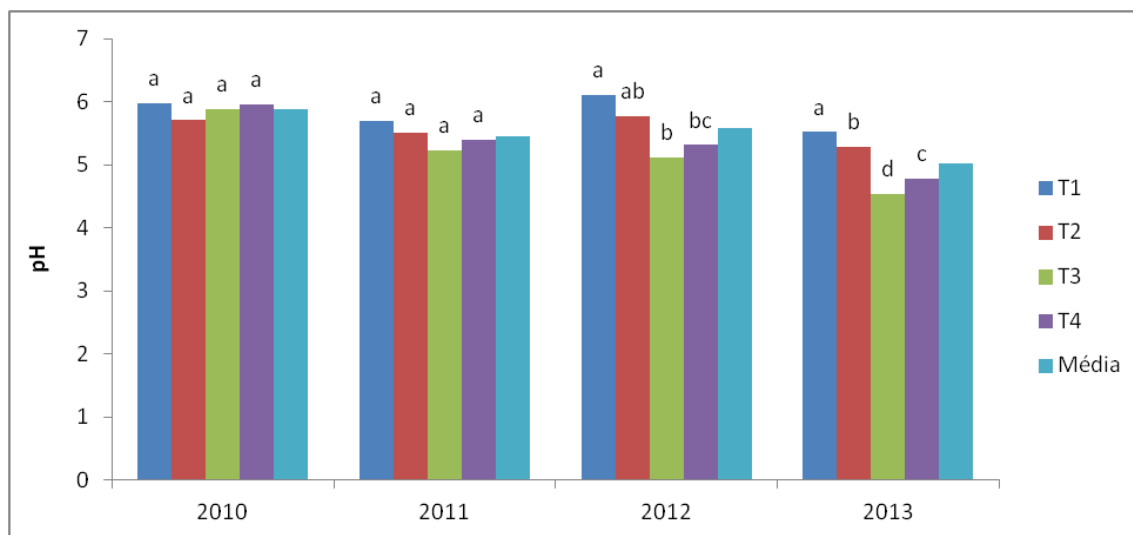


Figura 8 - Valores de pH para cada tratamento, considerando as médias mensais do mesmo ano, seguidos pela média geral para os anos entre 2010 e 2013 em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* na região de Viçosa, MG. As médias indicadas com mesma letra dentro dos anos não diferem entre si pelo Teste t ( $p > 0,05$ ).



## 6 - CONCLUSÕES

Foi possível concluir que para o povoamento de eucalipto analisado nas condições observadas neste estudo:

- Na idade entre 3,5 e 6,5 não houve diferença entre a precipitação interna na linha e na entrelinha de plantio utilizando o espaçamento de 3 x 2 m;
- O escoamento superficial diminuiu em idades mais avançadas do povoamento devido a maior retenção de água promovida pela serapilheira, bem como pela redução do impacto de chegada da água de chuva no solo promovida pela interceptação das copas das árvores;
- O cordão de contorno foi mais eficiente nas menores idades do povoamento;
- A presença do ponto de coleta da água de escoamento superficial próximo ao camalhão contribuiu para o aumento da turbidez nas áreas nas quais esta técnica foi empregada;
- A turbidez e a condutividade elétrica da água de escoamento superficial foram maiores nas idades mais avançadas do povoamento como consequência do aumento na liberação de partículas orgânicas pelo processo de degradação natural da serapilheira.

## 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF, Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantas. **Anuário estatístico ABRAF 2013 ano base 2012**. Brasília, DF: ABRAF, 2013. 148 p.

ARCOVA, F. C. S.; CICCO, V.; ROCHA, P. A. B. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de mata atlântica em uma microbacia experimental em Cunha-SP. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 257-262, 2003.

BRACELPA, Associação Brasileira de Celulose e Papel. **Relatório Estatístico 2011/2012**. São Paulo, SP: BRACELPA, 2013. 44 p.

CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo. **Parâmetros e indicadores da qualidade da água**. São Paulo, SP: CETESB, 2005.

CURI, N.; LARACH, J. O. I.; KÄMPF, N.; MONIZ, A. C.; FONTES, L. E. F. **Vocabulário de Ciência do solo**. Campinas, SP: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. 90 p.

EAGLESON, P. S. **Dynamic hydrology**. USA: McGraw-Hill Book Company, 1970. 462 P.

EMATER-MG, Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais. **Conservação do solo e água: terracimento**. Belo Horizonte, MG, edição especial, out. 2008.

FERREIRA, A. G. **Meteorologia prática**. São Paulo, SP: Editora Oficina de Textos, 2011. 188 p.

GARCEZ, L. N. **Hidrologia**. São Paulo, SP: Editora Edgard Blücher Ltda, 1974. 249 p.

GOLDENFUM, J. A.; TUCCI, C. E. M. **Gestão de recursos hídricos para o desenvolvimento sustentado de projetos hidroagrícolas - Módulo 3: Hidrologia de águas superficiais**. Brasília, DF: ABEAS (Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior, 1996. 134 p.

GUYTON, A. C. **Fisiologia Humana**. 6. ed. Rio de Janeiro, RJ: Editora Guanabara Koogan, 2008. 564 p.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas, SP: Editora Átomo, 2005. 444 p.

LIMA, W. P. **Impacto ambiental do eucalipto**. 2. ed. São Paulo, SP: Edusp (Editora da Universidade de São Paulo), 1996, 302 p.

MATOS, A. T. **Poluição ambiental: impactos no meio físico**. Viçosa, MG: Editora UFV (Universidade Federal de Viçosa), 2010. 260 p.

MARTINS, J. A. Escoamento superficial. Cap. 3. In: PINTO, N. L. S.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS J. A.; GOMIDE, F. L. S. (Orgs.). **Hidrologia Básica**. 11. reimp. São Paulo, SP: Editora Edgard Blücher Ltda, 2008 a. 278 p.

MARTINS, J. A. Infiltração. Cap. 4. In: PINTO, N. L. S.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS J. A.; GOMIDE, F. L. S. (Orgs.). **Hidrologia Básica**. 11. reimp. São Paulo, SP: Editora Edgard Blücher Ltda, 2008 b. 278 p.

MOURA, A. E. S. S. **Interceptação das chuvas em um fragmento de floresta atlântica e avaliação de modelos de predição de vazão na bacia do prata, Recife - PE**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, PE, 2007.

NOBRE, B. A.; LEITE, M. E. Monocultura do eucalipto, impacto ambiental e conflito na Bacia do Rio Canabrava, no Norte de Minas Gerais. **Revista VITAS**, Rio de Janeiro, RJ ano II, n. 4, p. 101-108, out. 2012.

OLIVEIRA, T. K.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; BOTELHO, S. A. Radiação solar no sub-bosque de sistema agrossilvipastoril em diferentes arranjos estruturais. **Revista Cerne**, Lavras, MG, v. 13, n. 1, p. 40-50, jan./mar. 2007.

PAULA, G. M. **Economia de baixo carbono: Avaliação de impactos de restrições e perspectivas tecnológicas - Siderurgia**. Ribeirão Preto, SP: EBC (Núcleo de Estudos de Economias de Baixo Carbono), 2012. 181 p.

PINTO, M. C. F. **Manual de medição *in loco*: temperatura, pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido**. Belo Horizonte, MG: CPRM - Serviço Geológico Brasileiro, 2007.

PIRES, L. S.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; LEITE, F. P.; BRITO, L. F. Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto na região centro-leste de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, DF, v. 41, n. 4, p. 687-695, abr. 2006.

PRESS, F.; SIEVER, S.; GROTZINGER, J.; JORDAN, T. H. **Para entender a Terra**. 4. ed. Porto Alegre, RS: Editora Bookman, 2006. 656p.

PRUSK, F. F.; GRIEBELER, N. P.; SILVA, J. M. A.; OLIVEIRA, J. R. S. Práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica em áreas agrícolas. Cap 6. In: PRUSK, F. F. (Org.). **Conservação de solo e água: Práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. 2. ed. Viçosa, MG: Editora UFV (Universidade Federal de Viçosa), 2009. 279 p.

RAMOS, J. G. A.; DIAS, H. C. T. Escoamento superficial de água de chuva no cultivo do eucalipto. **Anais I Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico**. Taubaté, SP: IPABHi, p. 363-365. nov. 2007.

RICHTER, C. A.; NETTO, J. M. A. **Tratamento da água: tecnologia utilizada**. São Paulo, SP: Editora Edgard Blücher, 1991. 332.

SALOMÃO, F. X. T. Controle e prevenção dos processos erosivos. Cap 7. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Orgs.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: Editora Bertrand Brasil, 2005. 340 p.

SANTOS, T. E. M.; MONTENEGRO, A. A.; PEDROSA, E. M. R. Características hidráulicas e perdas de solo e água sob cultivo do feijoeiro no semi-árido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, v. 13, n.3, p. 217-225, mai./jun. 2009.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. Cap. 5. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Orgs.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p.

SOUSA, E. R. **Noções sobre qualidade da água**. Lisboa, Portugal: Instituto Superior Técnico, 2001.

TAN, K. H. **Principles of soil chemistry**. New York, USA: Marcel Dekker, 1993. 362 p.

TONELLO, R. C. **O recurso água como indicador ambiental na produção sustentável do eucalipto**. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2009.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre, RS: Editora UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), Edusp (Editora da Universidade de São Paulo), ABRH (Associação Brasileira de Recursos Hídricos), 1993, 952 p.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa, MG: Editora UFV (Universidade Federal de Viçosa), 1991. 449 p.

WILCKEN, C. F.; LIMA, A. C. V.; DIAS, T. K. R.; MASSON, M. V.; FILHO, P. J. F.; POGETTO, M. H. F. A. **Guia prático de manejo de plantações de eucalipto**. Botucatu, SP: FEPAF - Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 2008.