

SERGIO GUEDES BARBOSA

**INFLUÊNCIA DO CORDÃO DE CONTORNO NO VOLUME E QUALIDADE DA
ÁGUA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM PLANTIO DE *Eucalyptus* sp.**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientador: Herly Carlos Teixeira Dias

**VIÇOSA – MINAS GERAIS
2021**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

Barbosa, Sergio Guedes, 1967-

B238i Influência do cordão de contorno no volume e qualidade da
2021 água de escoamento superficial em plantio de *Eucalyptus* sp. /

Sergio Guedes Barbosa. – Viçosa, MG, 2021.

1 tese eletrônica (37 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Herly Carlos Teixeira Dias.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2021.100>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Plantio de florestas. 2. Florestas - Irrigação.
3. Hidrologia. 4. Áreas degradadas - Recuperação. 5. Bacias
hidrográficas. 6. Reflorestamento. I. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Engenharia Florestal. Programa de
Pós-Graduação em Ciência Florestal. II. Título.

CDO adapt. CDD 22. ed. 634.92376

Bibliotecário(a) responsável: Alice Regina Pinto CRB6 2523

SERGIO GUEDES BARBOSA

**INFLUÊNCIA DO CORDÃO DE CONTORNO NO VOLUME E QUALIDADE DA
ÁGUA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM PLANTIO DE *Eucalyptus* sp.**


Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 22 de junho 2021

Assentimento:



Sergio Guedes Barbosa
Autor



Herly Carlos Teixeira Dias
Orientador

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, ao Centro de Ciências Agrárias, ao Departamento de Engenharia Florestal e todos os funcionários que sempre se dispuseram a colaborar de forma solícita e atenciosa.

Ao Setor de Dendrologia pelo apoio e logística e a todos os estagiários do laboratório de hidrologia do DEF que participaram com as coletas de dados ao longo de 8 anos da pesquisa que deu origem a esse trabalho.

À Fundação Estadual de Amparo à Pesquisa de MG (FAPEMIG) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro.

Ao meu orientador Prof. Dr. Herly Carlos Teixeira Dias pela orientação, apoio e conhecimentos compartilhados.

À minha adorável e prestativa amiga Aline Gonçalves Spletzer pelo apoio e solidariedade com que me recebeu e tratou ao longo da minha jornada na UFV.

Agradeço a todos os servidores que tive oportunidade de trabalhar e contar com sua atenção e presteza em todas as vezes que procurei fui gentilmente atendido. Tenho orgulho de tê-los conhecido. Minha admiração e respeito.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

BARBOSA, Sergio Guedes, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2021. **Influência do cordão de contorno no volume e qualidade da água de escoamento superficial em plantio de *Eucalyptus sp.*** Orientador: Herly Carlos Teixeira Dias.

A qualidade da água de uma bacia hidrográfica pode ser afetada por vários fatores antrópicos ou naturais, bem como da interação entre eles. O estudo das práticas de uso da terra no escoamento superficial e seus efeitos na carga de sedimentos do escoamento na perda de solo é essencial para a adoção de estratégias adequadas para controlar a erosão do solo e melhorar a qualidade das águas da microbacia. Áreas degradadas promovem, condição pra que ocorra maior escoamento superficial e erosão do solo em comparação ao ecossistema natural. Na ausência da cobertura vegetal natural as plantações florestais comerciais podem contribuir para a redução do escoamento da água e conseqüentemente, da erosão hídrica. O cultivo de espécies florestais com práticas de conservação do solo vem se constituindo em excelente aliado sob ponto de vista ambiental além de incorporar benefícios para a mitigação dos impactos causados pelo desmatamento e melhora dos parâmetros hidrológicos. As florestas plantadas têm importância econômica e ambiental. O estudo monitorou durante 8 anos em parcelas com diferentes declividades a distribuição de água de chuva e o uso de um método de conservação de solo em um plantio de eucalipto sob uma microbacia degradada, desde o plantio até a colheita, utilizando como parâmetro o coeficiente de escoamento superficial, turbidez, condutividade e pH da água. O método avaliado é o uso de cordão de contorno, o qual é amplamente utilizado em manejo de bacias hidrográficas. A combinação entre a cobertura vegetal proporcionada pela cultura do eucalipto e as práticas de terraceamento reduziu os percentuais de escoamento superficial em ambas as declividades estudadas e nos parâmetros físicos da água avaliados. Essa técnica pode ser divulgada para os produtores rurais da Zona da Mata Mineira.

Palavras-chave: Hidrologia. Florestas plantadas. Áreas degradadas.

ABSTRACT

BARBOSA, Sergio Guedes, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, June, 2021. **Influence of the contour cordon on the volume and quality of runoff water in a *Eucalyptus* sp. plantation.** Adviser: Herly Carlos Teixeira Dias.

The water quality of a watershed can be affected by various anthropic or natural factors, as well as by the interaction between them. The study of land use practices in runoff and its effects on the load of sediments in soil loss is essential for the adoption of appropriate strategies to control soil erosion and improve water quality in the microbasin. Degraded areas provide a condition for greater surface runoff and soil erosion compared to the natural ecosystem. In the absence of natural vegetation cover, commercial forest plantations can contribute to the reduction of water runoff and, consequently, water erosion. The cultivation of forest species with soil conservation practices has been an excellent ally from the environmental point of view, besides incorporating benefits to mitigate the impacts caused by deforestation and improve hydrological parameters. Planted forests are of economic and environmental importance. The study followed for 12 years in plots with different slopes the distribution of rainwater and the use of a soil conservation method in a eucalyptus plantation under degraded basin, from planting to harvesting, using the flow coefficient, turbidity, conductivity and water pH. The method evaluated is the use of a contour cable, which is widely used in the management of watersheds. The combination of vegetation cover provided by eucalyptus cultivation and terracing practices reduced the percentage of runoff in both slopes studied and improved the hydrological parameters evaluated. This technique can be disseminated to farmers in the Zona da Mata de Minas Gerais, Brasil.

Keywords: Hydrology. Planted forests. Degraded areas.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	7
CAPÍTULO 1	8
REDUÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL COM REFLORESTAMENTO E CORDÃO DE CONTORNO EM MINAS GERAIS, BRASIL	8
1 INTRODUÇÃO.....	9
2.1 Caracterização da área de estudo.....	10
2.2 Implantação das parcelas de escoamento e do eucalipto no Preparo do solo.....	10
2.2.1 Preparo das parcelas	11
2.2.2 Implantação dos pluviômetros e monitoramento do escoamento (2010-2017)	12
2.2.3 Distribuição dos tratamentos e visão geral do experimento	13
2.3 Prática de conservação.....	13
2.4 Análises estatísticas	14
4 CONCLUSÃO.....	18
REFERÊNCIAS	20
CAPÍTULO 2	25
EFEITO DO CORDÃO DE CONTORNO NOS PARÂMETROS FÍSICOS DA ÁGUA DO ESCOAMENTO EM ÁREA DE REFLORESTAMENTO	25
1 INTRODUÇÃO.....	26
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
2.1 Área de Estudo	27
2.2 Preparo do solo	27
2.2.1 Preparo das parcelas	27
2.2.2 Distribuição dos tratamentos e visão geral do experimento	28
2.3 Análises Estatísticas	29
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	29
4 CONCLUSÕES.....	33
REFERÊNCIAS	34
CONCLUSÕES GERAIS	37

INTRODUÇÃO GERAL

As plantações florestais tem importância socioeconômica (contribuição para a balança comercial brasileira e geração de empregos, certificação e serviços ambientais) e ambiental (biodiversidade, paisagem) são provedoras de produtos florestais e, portanto, complementares às florestas naturais, como protetoras de fragmentos florestais por seu menor efeito de borda que outros usos da terra, por seu papel como corredores biológicos e outras funções ecossistêmicas na paisagem, além de sua função na captura de carbono da atmosfera.

Por outro lado, na ausência de cobertura vegetal original, as plantações florestais podem atuar na redução do escoamento superficial, infiltração de água no solo e reduzir a erosão hídrica que causa perda de solo e redução de água de precipitação no lençol freático. Quando manejada de forma adequada, a plantação florestal comercial apresenta perdas de solo abaixo da tolerância admissível por erosão hídrica estabelecida. Em algumas situações, ficam relativamente próximas daquelas da mata nativa, indicando que esses plantios oferecem eficiente cobertura ao solo.

É plenamente possível, através do uso de técnicas adequadas de manejo do solo, potencializar os efeitos positivos e mitigar possíveis efeitos negativos sob microbacias degradadas. Há a necessidade do estabelecimento de modelos de desenvolvimento que sejam capazes de utilizar recursos naturais para o atendimento das necessidades da sociedade, dentro de limites que não coloquem em risco a qualidade de vida das gerações futuras. O cultivo de espécies florestais com práticas de conservação do solo vem se constituindo em excelente aliado sob ponto de vista ambiental além de incorporar benefícios relativos à sua contribuição para a mitigação dos impactos causados pelo desmatamento e melhora dos parâmetros hidrológicos.

CAPÍTULO 1

REDUÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL COM REFLORESTAMENTO E CORDÃO DE CONTORNO EM MINAS GERAIS, BRASIL

RESUMO

Compreender o efeito das práticas de uso da terra no escoamento e a carga de sedimentos do escoamento na perda de solo é essencial para a adoção de estratégias adequadas para controlar a erosão do solo. Foi realizado um monitoramento de 8 anos do escoamento superficial em um povoamento de eucalipto (*Eucalyptus urophylla* S.T. Blake Myrtaceae) na zona da Mata de Minas Gerais, instalado com prática de conservação por terraceamento, e avaliada a capacidade do escoamento em predizer o nível de conservação do solo e da água. A combinação entre a cobertura vegetal proporcionada pela cultura do eucalipto, com práticas de conservação do solo em declividades entre 14 e 17% reduz os percentuais de escoamento superficial da água. Os percentuais de escoamento superficial obtidos pela cultura do eucalipto aos 10 anos de idade assemelham-se aos percentuais de escoamento de florestas nativas adultas. Em declividades elevadas, entre 20-25% os percentuais de escoamento aumentam, especialmente quando não há práticas de conservação do solo.

Palavras-chave: Microbacias, Reflorestamento, áreas degradadas, hidrologia

1 INTRODUÇÃO

O desmatamento é uma das principais causas do aumento do escoamento superficial e erosão do solo em comparação ao sistema natural (NEGUSSE et al, 2013; MAEDA E MEDRADO, 2017). O solo sem cobertura vegetal fica exposto aos efeitos das fortes chuvas sazonais. O impacto das gotas de chuva e o escoamento causam erosão e deterioração da qualidade do solo com perda de nutrientes e redução da capacidade de infiltração de água no solo (ERKOSSA et al., 2015; SCHMIDT E ZEMADIM, 2015; LAEKEMARIAN et al., 2016; SUN et al., 2018).

A precipitação é o fator climático de maior importância na erosão hídrica do solo (ANACHEET al., 2017). O volume de chuva e a velocidade do escoamento, duração, a frequência de chuvas que chega ao solo, a inclinação da área, as características físicas do solo, a quantidade de resíduos sobre o solo no momento da chuva, são fatores que estão diretamente ligados ao nível de erosão (VITAL, 2007; KATEB et al., 2013).

Dados de escoamento e perda de solo são frequentemente obtidos a partir de parcelas experimentais as quais não consideram a influência topográfica e de superfície na iniciação do escoamento e na produção de sedimentos (STRAUCHET al., 2013). Esses dados não podem ser extrapolados para quantificar processos em nível de encostas que são afetados expressivamente por variações topográficas e hidrológicas (BRESSIANIET al., 2015).

As técnicas conservacionistas de plantio em nível com pouca movimentação mecânica do solo e sistemas de manejo que proporcionam eficiente cobertura vegetal são as que apresentam menores perdas de solo e água por erosão hídrica (CANQUI E LAL, 2004; SILVA et al., 2011; ALEXANDRIDIS et al., 2015; GELAW et al., 2015). Não se deve adotar práticas isoladas, mas sim um conjunto de práticas estabelecidas em um planejamento conservacionista que promoverão resultados satisfatórios no controle da erosão (DAMENE et al., 2013). Portanto, a integração de medidas estruturais e vegetativas é a melhor maneira de controlar a erosão do solo e suas consequências (EBABU et al., 2019).

A restauração do solo degradado e o controle da erosão têm no florestamento e no reflorestamento resultados eficazes (FILOSOFO et al., 2017; LI et al., 2017). O cultivo e a manutenção das árvores são de grande importância, todavia o solo pode ser ocupado de diferentes formas dependendo do interesse que se tem sobre ele (FILOSOFO et al., 2017). No entanto, a relação entre escoamento superficial e florestas permanece incerta, e é provavelmente devido a cobertura vegetal, a serapilheira, rugosidade da superfície e o tipo de solo (ZHOU et al., 2019; HANUM et al., 2016).

Compreender o efeito das práticas de uso da terra no escoamento e a carga de sedimentos do escoamento na perda de solo é essencial para a adoção de estratégias adequadas para controlar a erosão do solo (SUN et al., 2018; EBABU et al., 2019).

O objetivo central da pesquisa foi fazer uma análise temporal de 8 anos do escoamento superficial em um povoamento de eucalipto (*Eucalyptus urophylla* S.T. Blake Myrtaceae) na zona da Mata de Minas Gerais, instalado com prática de conservação por terraceamento e avaliar a capacidade do escoamento em prever o nível de conservação do solo e da água.

2 METODOLOGIA

2.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo está localizada na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil (20°46'29,9 S e 42°52'29,4 W), Datum SIRGAS 2000, Meridiano. A microbacia foi classificada como de baixa taxa de preservação permanente (0-25% de APP) e conservação florestal (0-25% de vegetação nativa) (CAMPAGNOLO et al., 2017). O clima é Cwa (Classificação de Köppen), temperatura média de 20,6 °C, com precipitação anual de 1229mm (MARTINS et al., 2018). O solo é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo em encosta com declividade de 14 a 17% e entre 20 e 25% (Figura 1A). A vegetação original da região é do tipo floresta tropical subperenifólia e pertence ao ecossistema da Mata Atlântica. Atualmente, a cobertura vegetal predominante na área de estudo é o eucalipto.

2.2 Implantação das parcelas de escoamento e do eucalipto no Preparo do solo

O preparo de solo foi realizado com cultivo mínimo com coveamento semimecanizado e queima para a eliminação dos resíduos, sendo estes procedimentos considerados convencionais nas regiões de plantio de *eucalyptus* sp. A espécie plantada em janeiro de 2007 foi o *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake Myrtaceae no espaçamento 3x2 m, sobre o Latossolo Vermelho Amarelo, em encosta com declividade entre 14%-17% e 20% -25%, representativa da região (Figura 1). As parcelas têm a mesma idade e não receberam tratamentos culturais.

Figura 1 - Área de implantação do experimento com detalhes da queima de resíduos e coveamento para o plantio do *Eucalyptus sp*



Fonte: Acervo pessoal do professor Herly Carlos Teixeira – DEF/UFV.

2.2.1 Preparo das parcelas

Nas parcelas de escoamento superficial foram utilizadas lâminas de zinco com 0,30 m de largura onde 0,10 m enterradas, sobrando desta forma 0,20 m no entorno da parcela, evitando assim a entrada de água escoada e sedimentos das áreas vizinhas (Figura 2A). Nas parcelas com terraceamento de 0,25 x 0,40 x 9 m (profundidade, largura e comprimento) esses foram feitos na parte mais baixa da parcela tomando-se o cuidado de fazê-lo em nível (Figura 2B).

Figura 2 – Parcelas do experimento. A) Parcela de medição do escoamento superficial; Terraço de base estreita.



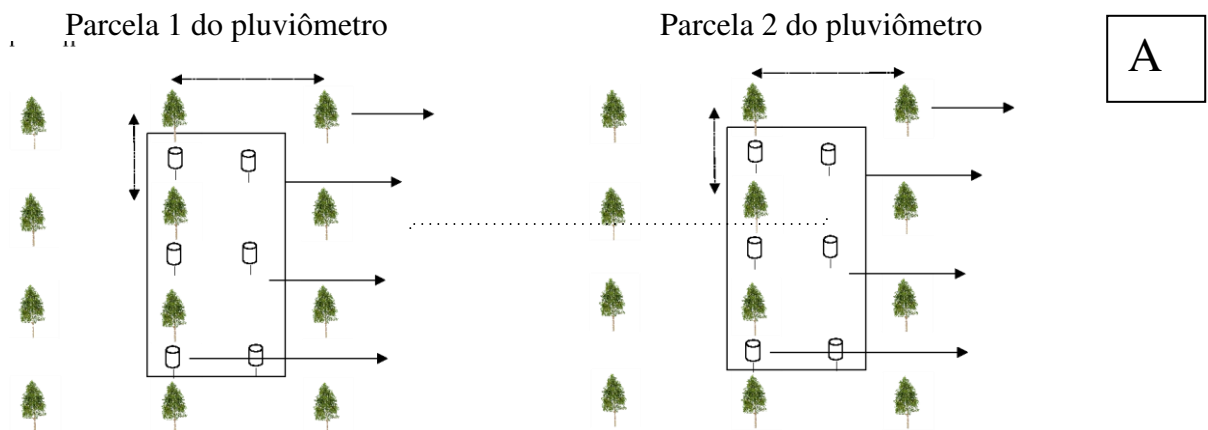
Fonte: Acervo pessoal do professor Herly Carlos Teixeira – DEF/UFV.

2.2.2 Implantação dos pluviômetros e monitoramento do escoamento (2010-2017)

A precipitação em aberto foi medida utilizando um pluviômetro digital instalado a aproximadamente 500 m do eucalipto; confeccionado com tubo de policloreto de vinila (PVC), diâmetro de 16 cm correspondendo a 0,07975 m² (Figura 2B). A precipitação interna foi monitorada em duas parcelas de 24 m² cada com seis pluviômetros cada, sendo três pluviômetros entre plantas e três pluviômetros entre a linha de plantio (Figura 2A).

Tanto para a precipitação em aberto, quanto para a precipitação interna, o volume precipitado foi quantificado em mililitros para cada um dos eventos chuvosos e transformado em milímetros de chuva pela equação: $P \text{ (mm)} = V \text{ (l)} / A \text{ (m}^2\text{)}$, sendo: P = precipitação em mm; V = Volume em litros e A = área do pluviômetro em m².

Figura 3- Distribuição dos pluviômetros nas parcelas. A) Distribuição dos pluviômetros nas parcelas; B) Detalhe do pluviômetro confeccionado em PVC



Fonte: Acervo pessoal do professor Herly Carlos Teixeira – DEF/UFV

2.2.3 Distribuição dos tratamentos e visão geral do experimento

O monitoramento da área com a aquisição dos dados de escoamento superficial (mm), precipitação interna e em aberto (mm) ocorreu entre janeiro de 2010 a março de 2017, sempre após a ocorrência de evento de precipitação, totalizando 1920 observações (160 avaliações em 8 anos x 12 parcelas (Quadro 1). O escoamento superficial foi quantificado em parcelas de aproximadamente 60 m² contendo nove plantas cada (Figura 3). Para a coleta e medição do volume de água escoada foram utilizados galões de plástico de 50 L ligados à parcela por um cano de PVC de 4 polegadas (Figura 4).

Figura 4 - Coleta escoamento superficial



Fonte: Acervo pessoal do professor Herly Carlos Teixeira – DEF/UFV.

Quadro 1 - Quantitativo do número de avaliações por ano (8 anos) e por parcela (12 parcelas), incluindo precipitação anual (mm). Viçosa - MG, 2007

Ano							
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Precipitação interna anual (mm)							
1107,6	1105,2	1391,8	920,3	496,8	475,3	621,6	209,2
Número de avaliações por ano (por parcela)							
33	20	22	34	14	13	17	7

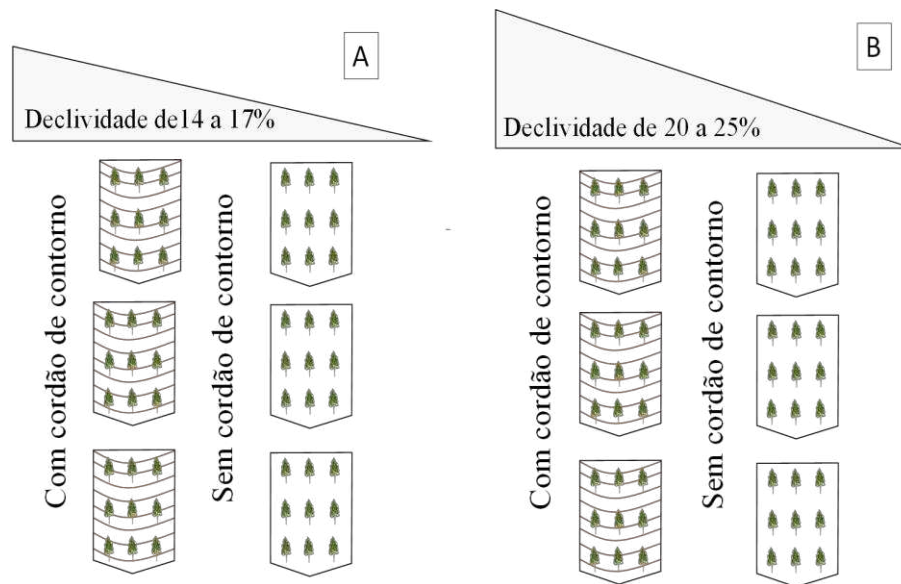
Fonte: Elaborado pelo autor

2.3 Prática de conservação

Em função das declividades, 14 a 17% e 20 a 25%, a área foi dividida em duas partes. Posteriormente cada área foi subdividida em 6 partes, sendo 3 com cordão de contorno e 3 sem cordão de contorno.

A área foi dividida em duas partes: uma com declividade entre 14 e 17% (Figura 5A) e a outra com declividade entre 20 e 25% (Figura 5B). Em cada declividade a área foi novamente dividida em duas partes, sendo três parcelas com cordão de contorno e três parcelas sem o cordão de contorno. Desse arranjo no campo fisicamente 12 parcelas foram instaladas (Figura 5A, B).

Figura 5 - Visão geral do experimento, declividade entre 14 e 17% (A, declividade de 20 e 25% B)



Fonte: Esquema de Aline G. Spletozer.

2.4 Análises estatísticas

Comparações entre os percentuais de escoamento foram feitas a partir de um delineamento inteiramente casualizado. Em função do número de parcelas, de sua distribuição e do efeito do tempo não foram utilizadas técnicas de análise de variância, foram aplicados os modelos lineares generalizados, menos exigentes quanto ao número de parcelas e executados no programa R (2009). Comparações entre médias foram feitas pelo teste de Sidak a 0,05 de significância.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os volumes de precipitação registrados durante os eventos de chuva variaram de 23 mm a 58mm (mês). A precipitação em aberto chegou 1470mm (ano), sendo representativa da precipitação local que varia entre 1300 mm a 1500 mm (ano) (Correa et al., 2018). Os meses com maior volume de chuva foram novembro de 2010 com 1108 mm, novembro de 2011 com 1392 mm e março 2012 com 1299 mm (Figura 6).

No monitoramento ocorrido nos anos de 2010, 2011, 2014 e 2015, o escoamento superficial foi reduzido nas parcelas com menor declividade (14-17%), independente da presença do cordão de contorno (Tabela 1). Nos anos de 2012 e 2013 não foram observadas diferenças nos escoamentos superficiais em parcelas com e sem cordão de contorno, nas duas classes de declividade (14-17% e 20-25%).

No entanto, nos anos de 2010, 2011, 2016 e 2017 nas maiores declividades (20-25%) a presença de cordão de contorno reduziu o escoamento superficial. Esse mesmo efeito de redução do escoamento superficial na presença de cordão de contorno foi observado nas menores declividades nos anos de 2016 e 2017. Essa influência do cordão de contorno ocorreu em anos de grande precipitação interna, 2010 e 2011 com 1108 mm e 1105 mm, respectivamente, como de baixa precipitação, 2017 com 209 mm (Figura 4). A redução do escoamento superficial na presença de cordão de contorno mostra sua eficiência como prática de conservação solo. O cordão de contorno utiliza pequena movimentação mecânica do solo e apresenta custo reduzido, garantindo produção florestal com menor impacto ao meio ambiente (Dechen et al., 1981; Eltz, 1984; Rufino et al., 1985; Nunes Filho et al., 1990; Margolis et al., 1991; Silva et al., 1992; Bono et al., 1996; Guadagnin et al., 2005; Cullum et al., 2007; Amaral et al., 2008).

Tabela 1. Médias do percentual de escoamento superficial de parcelas em duas declividades (14-17%; 20-25%) com presença (CC) e ausência (SC) de cordão de contorno em área com cobertura vegetal de eucalipto com 3 a 10 anos de idade.

Tratamento	Escoamento superficial (%)			
	2010	2011	2012	2013
CC (14-17%)	0.483 b	0.155 b	0.216 a	0.133 a
SC (14-17%)	0.552 b	0.214 b	0.179 a	0.120 a
CC (20-25%)	0.460 b	0.267 b	0.271 a	0.179 a
SC (20-25%)	1.138 a	0.437 a	0.234 a	0.195 a

Tratamento	Escoamento superficial (%)			
	2014	2015	2016	2017
CC (14-17%)	0.067 b	0.150 b	0.143 b	0.036 b
SC (14-17%)	0.145 b	0.118 b	0.200 a	0.131a

CC (20-25%)	0.175 a	0.337 a	0.143 b	0.101 b
SC (20-25%)	0.168 a	0.337 a	0.182 a	0.144 a

Fonte: Elaborado pelo autor.

A redução na precipitação foi acompanhada de redução no percentual de escoamento superficial, porém essa relação não pode ser atribuída exclusivamente a precipitação. Cabe destacar que o crescimento do eucalipto teve impacto direto no escoamento superficial (Figura 4). A estrutura da vegetação (cobertura do dossel, densidade de plantas e altura da serapilheira) podem restringir e até ser o principal fator determinante da perda de solo e água e melhorar as condições ambientais (Bochetab et al., 1999; Zang et al., 2015). O decréscimo do escoamento superficial do 3º ano ao 10º ano, correspondente a idade do eucalipto, também foi observado por outros autores. Em povoamento de *Eucalyptus urophylla* na província de Guangdong na China, o escoamento superficial foi também reduzido com o aumento da idade do eucalipto entre 3 e 8 anos, considerada pelos autores como uma floresta jovem (Sun et al., 2018). Ainda segundo os autores, na floresta adulta com idade entre 22 e 28 anos, o escoamento superficial se mostrou inalterado. Destaca-se a precipitação anual entre 1000 e 2500 mm.

Esses percentuais de escoamento superficial ocorridos em 2017 foram inferiores aos de uma floresta nativa adulta, 0,34% (Bertol et al., 2008) e reforçam o impacto positivo da cultura na proteção do solo. A vegetação tem um papel fundamental no balanço de energia e no fluxo de volumes de água (Rodrigues et al., 2015).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para o percentual de escoamento superficial de parcelas em duas declividades (14-17%; 20-25%) com presença (CC) e ausência (SC) de cordão de contorno em área com cobertura vegetal de eucalipto com 3 a 10 anos de idade.

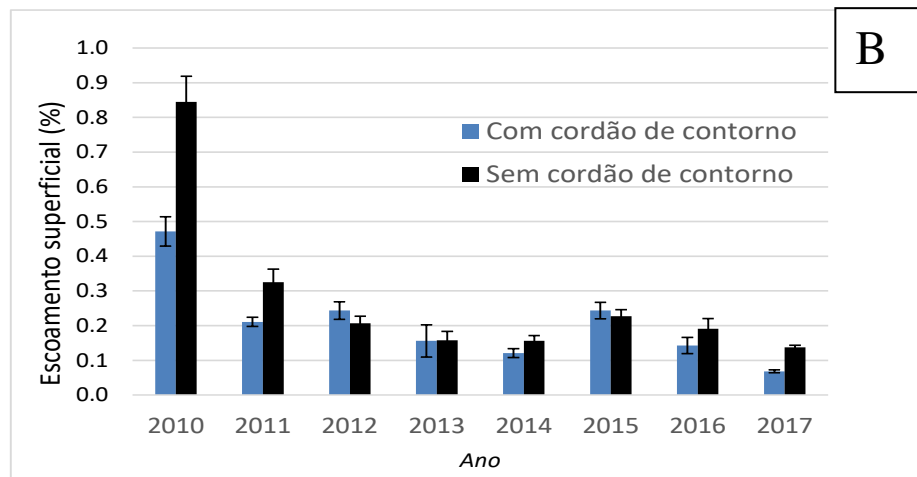
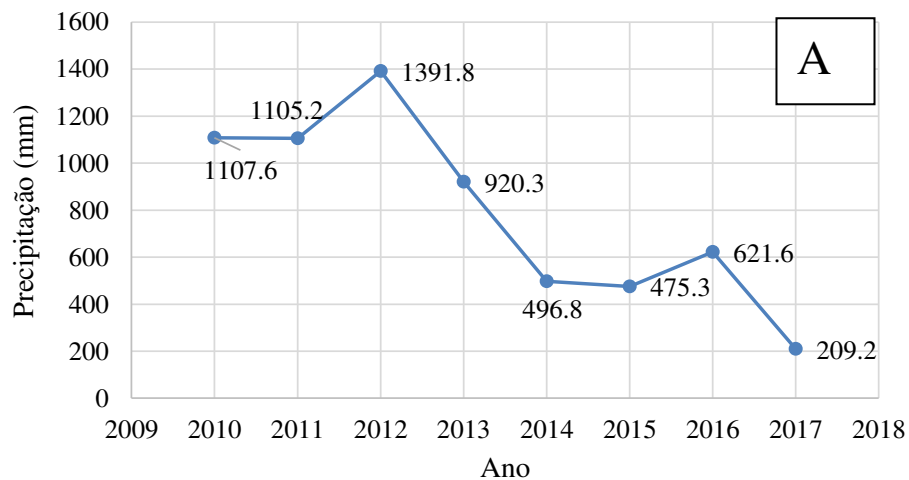
Causas de variação	2010		2011	
	gl	Quadrado médio	gl	Quadrado médio
Tratamentos	3	10,255**	3	17,127**
Resíduos	390	0,424	234	0,867
Causas de variação	2012		2013	
	gl	Quadrado médio	gl	Quadrado médio
Tratamentos	3	0,097**	3	0,110**
Resíduos	260	0,051	403	0,166
Causas de variação	2014		2015	
	gl	Quadrado médio	gl	Quadrado médio
Tratamentos	3	3,433**	3	8,665**
Resíduos	175	0,108	152	0,540

Causas de variação	2016		2017	
	gl	Quadrado médio	gl	Quadrado médio
Tratamentos	3	0,043**	3	0,049**
Resíduos	200	0,069	80	0,007

** significativo a 0,01 de significância

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 6 - Percentual de escoamento superficial (%) em função do cordão de contorno no período de janeiro de 2010 a março de 2017



Obs.: Erro padrão nas colunas

Fonte: Elaborado pelo autor.

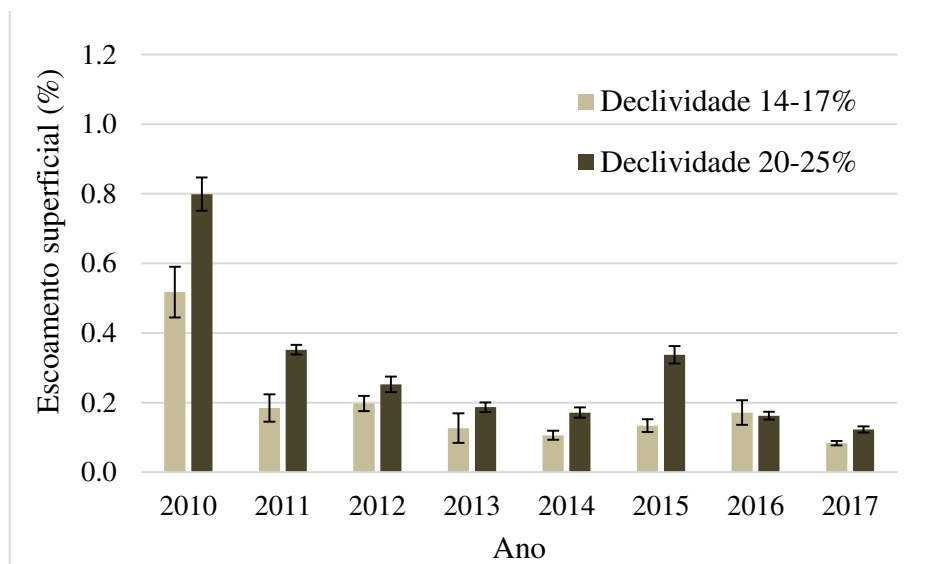
O aumento da declividade também foi a causa do aumento do escoamento superficial nos anos de 2011, 2012, 2015 e 2017 (Figura 7), independente da presença do cordão de contorno. Em 2013 e 2016 não foram observadas diferenças no escoamento superficial nas duas declividades.

A floresta tem a capacidade de interceptar as precipitações de baixa intensidade, reduzindo o escoamento, isso porque quanto maior for à superfície foliar, maior a área de

retenção da água durante a precipitação (Tucci e Clarke, 1997; Cassol et al., 1999; Beutler et al., 2003; Barros et al., 2009). Contudo, nas chuvas de grande intensidade, a capacidade de interceptação diminui e, após saturação das copas, a água atinge o piso florestal, há infiltração e após saturação ocorre escoamento superficial (Tucci e Clarke, 1997; Santos et al., 1998; Rodrigues et al., 2015).

A combinação da presença de cordão e da cobertura proporcionada pelo eucalipto estão aderentes aos resultados encontrados. A integração de medidas estruturais (cordão) e vegetativas (eucalipto) de conservação do solo com menor escoamento e maior infiltração de água no solo proporcionou menor impacto ao meio ambiente (Seganfredo et al., 1997; Hernani et al., 1999; Levien e Cogo, 2001; Cogo et al., 2003; Leite et al., 2004). Experimentos no vale do rio doce, MG, Brasil, com sistemas de manejo em plantios florestais mostraram que o eucalipto reduziu as perdas de solo e escoamento superficial, aumentando a infiltração de água no solo (Santos et al., 1992; Lima, 1996; Vital et al., 1999; Gonçalves, 2002; Oliveira, 2008; Silva et al., 2011).

Figura 7 - Percentual de escoamento superficial (%) em função da declividade do terreno, no período de janeiro de 2010 a março de 2017



Fonte: Elaborado pelo autor
Obs.: Erro padrão nas colunas

4 CONCLUSÃO

A combinação entre a cobertura vegetal proporcionada pela cultura do eucalipto, práticas de terraceamento em declividades entre 14% e 17% reduz os percentuais de escoamento superficial da água;

Os percentuais de escoamento superficial obtidos pela cultura do eucalipto aos 10 anos de idade assemelham-se aos percentuais de escoamento de florestas nativas adultas;

Em declividades elevadas, entre 20-25% os percentuais de escoamento aumentam, especialmente quando não há práticas de terraceamento.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDRIDIS, T.K. et al. The effects of seasonality on the estimation of factor C of soil erosion studies. **Degraded Earth**, v.26, p. 596-603, 2015.
- ALVARES, C.A et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711–728, 2014.
- AMARAL, A.T et al. Redução da erosão hídrica em três sistemas de manejo do solo em um cambissolo húmico da região do planalto sul-catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p. 2145-2155, 2008.
- ANACHEET, J.A.A et AL. Runoff and soil erosion plot-scale studies under natural rainfall: A meta-analysis of the Brazilian experience. **Catena**, v. 152, p. 29-39, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6023: informação e documentação – referências – elaboração. Rio de Janeiro, 2002. 24 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6024: informação e documentação - numeração progressiva das seções de um documento - apresentação. Rio de Janeiro, 2012. 4 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6027: informação e documentação – sumário - apresentação. Rio de Janeiro, 2013. 3 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6028: informação e documentação – resumos - apresentação. Rio de Janeiro, 2003. 2 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10520: informação e documentação - citações em documentos – apresentação. Rio de Janeiro, 2002. 7 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14724: informação e documentação – trabalhos acadêmicos- apresentação. Rio de Janeiro, 2011. 11 p.
- BARROS, L. S. et al. Perdas de solo e água em plantio de *Acacia mangium* Wild e Savana em Roraima, norte da Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa**, v. 33, p. 447-454, 2009.
- BERTOL, I. et AL. Escoamento superficial em diferentes sistemas de manejo em um nitossoloháplico típico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, p.243-259, 2008.
- BEUTLER, J. F. et al. Perdas de solo e água num Latossolo Vermelho aluminoférrico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.509-517, 2003.
- BOCHET, E. e POESEN, R.J.L. Modified topsoil islands within patchy Mediterranean vegetation in SE Spain. **Catena**, v.38, p. 23-44, 1999.

BONO, J. A. M. et al. Cobertura vegetal e perdas de solo por erosão em diversos sistemas de melhoramento de pastagens nativas. **PasturasTropicales**, v.18, p. 2-8, 1996.

BONUMA, N.B. e MENDIONDO, E.M. Review of soil and water assessment tool (SWAT) applications in Brazil: Challenges and prospects. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 8, p. 1-27, 2015.

BRESSIANIET, D.A. et al. Mechanisms of carbon sequestration in soil aggregates. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 23, p. 481-504, 2004.

CORRÊA, J.B.L. et al. Surface runoff of rainfall in an experimental plantation of macaúba palm (*acrocopia aculeata*) under different forms of management. *Revista Árvore*, v.42, n.1, p. 1-9, 2018.

CASSOL, E. A. et al. Infiltração de água e perdas de água e solo por erosão influenciadas por diferentes métodos de melhoramento da pastagem nativa Gaúcha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p. 923-931, 1999.

COGO, N. P. et al. 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**, Viçosa, v. 27, n. 4, p.743-753, 2003.

CULLUM, R. F. et al. Runoff and soil loss form ultra-narrow row cotton plots with and without stiff-grass hedges. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam. v.93, p. 56-63, 2007.

DAMENE, S. et al. Performance of exclosure in restoring soil fertility: A case of Gubalafto district in North Wello Zone, northern highlands of Ethiopia. **Catena**, v.101, p.136–142, 2013.

DAVID, J. S,et al. Clearcutting effects on streamflow in coppiced *Eucalyptus globules* stands in Portugal. **Hydrobiologia**, v.162, p.143-154, 1994.

DECHEN, S. C. F. et al. Gramíneas e leguminosas e seus restos culturais no controle da erosão em Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Campinas, v. 5, n. 2, p. 133-137, 1981.

DEUSCHLE et al. Erosion and hydrological response in no-tillage subjected to crop rotation intensification in southern Brazil. **Geoderma**, v. 340, p. 157-163, 2019.

EBABU, K.A.B. et al. Effects of land use and sustainable land management practices on runoff and soil loss in the UpperBlue Nile basin. **Science of the Total Environment**, v. 648: p.1462-1475, 2019.

ELTZ, F. L. F. et al. Perdas de solo e água por erosão em diferentes sistemas de manejo e coberturas vegetais em solo laterítico Bruno-Avermelhado distrófico (São Jerônimo) sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 8, n. 1, p. 117-125, 1984.

ERKOSSA, A. et al. Linking soil erosion to local financial cost: Lessons from river basins in the Blue Nile basin. **Solid Terrain**, v.6, p.765-774, 2015.

FILOSO, S et al. Impacts of forest restoration on water yield: A systematic review. **PLoSOne** 12. 2017.

GELAW, A. et al. Multidrug resistant and carbapenemase producing enterobacteriaceae among patients with urinary tract infection at referral hospital, Northwest. **Antimicrobial Resistance and Infection Control**, v.4, p. 1-8, 2015.

GONÇALVES, J. L. M; STAP, J.L. Conservação e Cultivo de Solos para plantações florestais. Instituto de Pesquisas Florestais, Piracicaba, p.47-130, 2002.

GUADAGNIN, J. C. et al. Perdas de solo, água e nitrogênio por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, p. 277-286, 2005.

HANUM, C. et al. Nitrogen, phosphor, and potassium level in soil and oil palm tree at various composition of plant species mixtures grown. **IOPSCIENCE**, v.41, p.1-9, 2016.

HERNANI, L. C. et al. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa**, v. 23, p. 145-154, 1999.

KATEB, H.E. et al. Soil erosion and surface runoff on different vegetation covers and slope gradients: A field experiment in Southern Shaanxi Province. **Catena**, v.105, p.1-10, 2013.

LAEKEMARIAM, F. et al. Physiographic characteristics of agricultural lands and farmers' soil fertility management practices in Wolaita zone, Southern Ethiopia. **Environmental Systems Research**, v.5, p. 1-15, 2016.

LEITE, D. et al. Erosão hídrica em um Nitossolo Háptico submetido a diferentes sistemas de manejo sob chuva simulada. I – perdas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas**, v.28, p. 1033-1044, 2004.

LEVIEN, R; COGO, N. P. Erosão na cultura do milho em sucessão à aveia preta e pousio descoberto, em preparo convencional e plantio direto, com tração animal e tratorizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 683-692, 2001.

LI, Y. et al. Improvements in carbon and nitrogen capacities of the soil after planting shrubs to stabilize the sand dunes in the Horqin Sand Land of China. **Sustainability**, v. 9, p. 1-17, 2017.

Lima, W. de P. Impacto Ambiental do Eucalipto. **Editora Universidade de São Paulo**, São Paulo, p.301, 1996.

MAEDA, S et al. Plantações florestais: geração de benefícios com baixo impacto ambiental. **Embrapa Florestas**, Brasília, p.21-30, cap 2, 2017.

MARGOLIS, E. et al. Determinação dos fatores da equação universal e perda de solo para as condições de Caruaru-PE. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 9, n. 2, p. 165-169, maio/ago. 1991.

MARTINS, F.B. et al. Classificação climática de köppene de thornthwaite para Minas gerais: cenário atual e projeções futuras. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 14, p. 129-152, 2018.

NEGUSSE, T. et al. Quantification of the Impact of Integrated Soil and Water Conservation Measures on Groundwater Availability in Mendae Catchment, Abraha We-Atsebaha, eastern Tigray, Ethiopia. **Ethiopian Journal of Science**, v.5, p. 117-136, 2013.

NUNES FILHO, J. et al. 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, n. 1, p. 69-72, jan./abr. 1990.

OLIVEIRA, A. H. Erosão hídrica em florestas de eucalipto na região sudeste do Rio Grande do Sul. 53 f. **Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)** – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

RAMOS, J.G.A., DIAS, H.C.T. Escoamento superficial de água de chuva no cultivo do eucalipto. **Seminário de Recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul**. Taubaté, v.9, p. 363-365, 2007.

RODRIGUES, V.A. et al. Avaliação do escoamento e interceptação da água das chuvas. **Irriga**, v. 20, p. 1-13, 2015.

RUFINO, R. L. et al. Influência das práticas de manejo e cobertura vegetal do cafeeiro nas perdas de solo. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Campinas, v. 9, p. 277-280, 1985.

SANTOS, D. et al. Queimadas e erosão do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 16, p. 62-68, 1992.

SANTOS, D. et al. Perdas de solo e produtividade de pastagens nativas e melhoradas sob diferentes práticas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, p. 183-189, 1998.

SEGANFREDO, M. L. et al. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em sistemas de culturas em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Viçosa, v. 21, p. 287-291, 1997.

SILVA, M. L. N. et al. Perdas de solo em sistemas de preparo convencional e plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 16, p. 44- 50, 1992.

SILVA, M.A. et al.. Sistemas de manejo em plantios florestais de eucalipto e perdas de solo e água na região do Vale do Rio Doce, MG. **Ciência Florestal**, v. 21, p. 765-776, 2011.

SMIDTH, E., ZEMADIM, B. Expanding sustainable land management in Ethiopia: Scenarios for improved agricultural water management in the Blue Nile. **Agricultural Water Management**, v. 158, p. 166-178, 2015.

STRAUCH, M. et al. O impacto das Melhores práticas de gestão na vazão simulada e na carga de sedimentos em uma bacia do Brasil Central. **Revista de Gestão Ambiental**, v. 127, p. 24-36, 2013.

SUN, D. et al. Soil erosion and water retention varies with plantation type and age. **Forest Ecology and Management**, v. 422, p. 1-10, 2018.

TUCCI, C.E M., CLARKE, R.T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: Revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 2, p. 135-152, 1997.

VITAL, A. R. T. et al. Efeitos do corte raso de plantação de Eucalyptus sobre o balanço hídrico, a qualidade da água e as perdas de solo e de nutrientes em uma microbacia no Vale do Paraíba, SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.55, p. 5-16, 1999.

VITAL, M. H. F. Impacto ambiental de florestas de eucalipto. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 28, p. 235-276, dez. 2007

ZHOU, O. et al. Survivorship of plant species from soil seedbank after translocation from subtropical natural forests to plantation forests. **Forest Ecology and Management**, v. 432, p. 741-747, 2019.

CAPÍTULO 2

EFEITO DO CORDÃO DE CONTORNO NOS PARÂMETROS FÍSICOS DA ÁGUA DO ESCOAMENTO EM ÁREA DE REFLORESTAMENTO

RESUMO

A qualidade da água de uma bacia hidrográfica pode ser afetada por vários fatores antrópicos ou naturais, bem como da interação entre eles. A carga de sedimentos do escoamento na perda de solo é essencial para a adoção de estratégias adequadas para controlar a erosão do solo e melhorar a qualidade das águas do escoamento superficial. O objetivo foi avaliar a eficiência do cordão de contorno como prática de conservação de solo em um plantio de eucalipto através dos parâmetros físicos da água do escoamento superficial, medindo os parâmetros: turbidez, condutividade elétrica e pH desde o plantio até a colheita num período de 8 anos, sempre após um evento de chuva. A água de escoamento superficial mostrou-se ácida, com pH abaixo de 7 nas parcelas com e sem cordão de contorno, independente da declividade. Houve aumento da turbidez e da condutividade elétrica nas parcelas com cordão de contorno, porém a declividade foi um fator secundário no efeito desses fatores. A redução do escoamento superficial foi acompanhada de aumento da turbidez, especialmente em parcelas com cordão de contorno, enquanto a condutividade aumentou para ambas, parcelas com e sem cordão de contorno. A floresta em estágio adulto protegeu o solo, reduziu o escoamento superficial e os níveis de turbidez da água da microbacia são menores, uma vez que o potencial de carreamento de partícula é reduzido.

Palavras-chave: Hidrologia; recuperação de áreas degradadas; florestas plantadas.

1 INTRODUÇÃO

A dinâmica da água de escoamento superficial em áreas de florestas de eucalipto se torna imprescindível para se avaliar o potencial da cultura para recuperar áreas degradadas (MCDONALD et al., 2002; FERREIRA et al., 2005; SUN et al., 2019). A precipitação interna é a chuva que atinge o piso florestal, incluindo gotas que passam diretamente pelas aberturas entre copas e as gotas que respingam do dossel (LIMA et al., 2014). O escoamento superficial é a água que escoar na superfície quando a intensidade da precipitação excede a capacidade de infiltração do solo, podendo ocorrer em solos agrícolas e florestais (FREITAS et al., 2014). O escoamento superficial de água livre pode ocorrer em solos florestais ainda que estes apresentem uma grande capacidade de infiltração da água de chuva (LORENZON et al., 2015).

Compreender o efeito das práticas de uso da terra no escoamento e a carga de sedimentos do escoamento na perda de solo é essencial para a adoção de estratégias adequadas para controlar a erosão do solo (EBABU et al., 2019; SUN et al., 2019).

A qualidade da água de uma bacia hidrográfica pode ser afetada por vários fatores antrópicos ou naturais, bem como da interação entre eles (DIEBEL et al., 2009; TAKEDA et al., 2009). Em face disso, valores de referência que refletem a qualidade da água devem ser estabelecidos, preferencialmente através do monitoramento dos parâmetros físicos, químicos e biológicos (HADLICH & SCHEIBE, 2007). Desta forma, o monitoramento é essencial para acompanhar a evolução das condições da qualidade da água ao longo do tempo, averiguar as tendências na qualidade do meio aquático, além de poder observar como este meio é afetado pelas atividades antrópicas (HESPANHOL, 2008; CAZULA E MIRANDOLA, 2010; MARMONTEL E RODRIGUES, 2015).

Os parâmetros físicos da água de escoamento (turbidez, pH e condutividade) resultam da presença dos constituintes iônicos e não iônicos em solução e em suspensão, os quais conferem certas características à água. Por esta razão, também são propriedades que descrevem a individualidade e a qualidade da água, associado a um determinado uso (PIRATOBA et al., 2017).

A restauração do solo degradado e o controle da erosão têm no florestamento e no reflorestamento resultados eficazes (KATSIAPI et al., 2012; EBABU et al., 2019). No entanto, a relação entre escoamento superficial e florestas permanece incerta, e é provavelmente devido a cobertura vegetal, a serapilheira, rugosidade da superfície e o tipo de solo (ZHOU et al., 2015).

As influências da floresta implicam nas relações entre os processos hidrológicos afetados pelo uso florestal em bacias hidrográficas e à consequente ocorrência de erosão e

sedimentação, de alteração da temperatura da água e de sua composição química (TUCCI E CLARKE, 1997).

Em hidrologia florestal a preocupação para com a qualidade da água relaciona-se com os possíveis efeitos das atividades de manejo florestal sobre a alteração da qualidade da água nas bacias hidrográficas (BALBINO et al., 2008).

O objetivo foi avaliar em um plantio de eucalipto cordões de contorno como técnica conservacionista, monitorando durante 8 anos os parâmetros físicos da água de escoamento, turbidez, condutividade elétrica e pH, em uma microbacia em Viçosa, MG.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

A área de estudo está localizada na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil (20°46'29,9 S e 42°52'29,4 W) Datum SIRGAS 2000, Meridiano. A microbacia foi classificada como de baixa taxa de preservação permanente (0 - 25% de APP) e conservação florestal (0 - 25% de vegetação nativa). O clima é Cwa (Classificação de Köppen), temperatura média de 20,6 °C, com precipitação anual de 1229 mm. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo em encosta com declividade de 14 a 17% e entre 20 e 25%. A vegetação original da região é do tipo floresta tropical subperenifólia e pertence ao ecossistema da Mata Atlântica. Atualmente, a cobertura vegetal predominante na área de estudo é o eucalipto.

2.2 Preparo do solo

O preparo de solo foi realizado com cultivo mínimo com coveamento semimecanizado e queima para a eliminação dos resíduos, sendo estes procedimentos considerados convencionais nas regiões de plantio de eucalipto.

2.2.1 Preparo das parcelas

Nas parcelas de escoamento superficial foram utilizadas lâminas de zinco com 0,30 m de largura onde 0,10 m enterradas, sobrando desta forma 0,20 m no entorno da parcela, evitando assim a entrada de água escoada e sedimentos das áreas vizinhas (Figura1).

2.2.2 Distribuição dos tratamentos e visão geral do experimento

O monitoramento da área com a aquisição dos dados de escoamento superficial (mm) ocorreu entre janeiro de 2007 a março de 2017 totalizando 1466 observações por parcela (Quadro 1). O escoamento superficial foi quantificado em 3 parcelas de 60 m² contendo nove plantas cada. Para a coleta e medição do volume de água escoada foram utilizados galões de plástico de 50 l ligados à parcela por um cano de PVC de 4 polegadas. A coleta ocorreu sempre após um evento de precipitação. A água coletada no galão do escoamento superficial foi submetida, periodicamente, a análises físicas com medição da turbidez e condutividade elétrica, em Turbidímetro e Condutivímetro portáteis (Figura 1).

Quadro 1 - Quantitativo do número de análises de qualidade de água por ano, Viçosa-MG

ANO						
2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Número de avaliações por ano (por parcela)						
167	144	247	386	223	60	239

Figura 1 - Coleta de escoamento superficial na parcela de 60m²



Fonte: Acervo do Prof. Herly Carlos Teixeira, Laboratório de Hidrologia - DEF/UFV (2007).

A área foi dividida em duas partes: uma com declividade entre 14% e 17% e a outra com declividade entre 20% e 25%. Em cada declividade a área foi novamente dividida em duas

partes, sendo três parcelas com cordão de contorno e três parcelas sem o cordão de contorno. Desse arranjo no campo fisicamente 12 parcelas foram instaladas.

2.3 Análises Estatísticas

Comparações entre os percentuais de escoamento foram feitas a partir de um modelo fatorial $2 \times 2 \times 7$ sendo o primeiro fator relativo ao terraceamento, o segundo fator a declividade e o terceiro fator aos anos de avaliação com três repetições. Em função do número de parcelas, de sua distribuição e do efeito do tempo não foram utilizadas técnicas de análise de variância, foram aplicados os modelos lineares generalizados, menos exigentes quanto ao número de parcelas e executados no programa R (2009). Comparações entre médias foram feitas pelo teste de Sidak a 0,05 de significância.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores do pH da água de escoamento superficial não diferiram em relação a presença ou não do cordão de contorno entre os anos de 2007 e 2013 e foram em média inferiores a 7, caracterizando a água como ácida. Entretanto, diferenças no pH foram encontradas em relação a declividade, sendo obtidos no menor declive, 14% e 17%, os valores de pH mais altos, ainda que também ácidos. A água de escoamento tornou-se neutra a básica, acima de 7, apenas no ano de 2009, na declividade de 14% e 17%. O efeito da declividade no pH não foi observado nos anos de 2008 e 2010 (Figura 4). A qualidade da água das precipitações em aberto e efetiva em um em um fragmento de mata atlântica em Viçosa-MG se encontra em uma faixa de pH um pouco mais ácida, por influência da lixiviação de compostos com características ácidas pelo fuste das espécies florestais. A cobertura florestal influenciou os valores dos parâmetros físicos da água de chuva, principalmente das chuvas que ocorreram logo após um período de estiagem (LORENZON et al., 2015). A avaliação de uma floresta secundária em estágio inicial (FSEI) em Pinheiral - RJ, durante o período de abril de 2009 a março de 2010. Os valores de precipitação incidente, precipitação efetiva e de interceptação foram similares entre os três estádios avaliados). Em São Simão - SP, com o propósito de se medir parâmetros físicos da água de escoamento em eucalipto em parcelas experimentais, a perda por interceptação correspondeu a 13% da precipitação total, o escoamento registrado foi de 2,4% considerado baixo (0,6%) para solos arenosos. Portanto o escoamento de 2,4% da precipitação total não pode desprezar a interceptação da plantação (MARTINS FILHO et al, 2014). Com o

crescimento dos talhões de eucalipto, ocorre sensível diminuição do escoamento superficial, evidenciando que o reflorestamento com eucalipto pode, nestas condições, desempenhar papel importante no controle do escoamento superficial e das perdas por erosão (LIMA, 1988; FERNANDES et al., 2011).

Entre 2010 e 2017, a turbidez da água de escoamento aumentou nas parcelas com cordão de contorno, independente da declividade, chegando a valores de NTU mais que o triplo em relação as parcelas sem cordão de controle. Em 2012 sem cordão de contorno a turbidez foi de 43.1 NTU, enquanto que com cordão de contorno, o valor foi de 150.7 NTU. Em 2009, a turbidez não foi alterada com o terraceamento. A interação entre o efeito da declividade e do cordão de contorno para turbidez indicou em 2007 e 2008 que na declividade de 14% e 17% a presença do cordão de contorno aumentou a turbidez em relação a ausência de cordão de contorno, porém esse efeito não foi verificado na declividade de 20% e 25% (Figura 4).

A turbidez não foi alterada em função da declividade entre os anos de 2009 e 2013. Em 2007 e 2008, a ausência de relação com a declividade também não foi verificada na presença de cordão de contorno. Na ausência, declividades maiores (20% e 25%) registraram maior turbidez da água de escoamento. e tende a um aumento durante estágios de chuva em ambas Os tratamentos, com uma maior representatividade em precipitações acumuladas superiores a 100 mm. Isso porque a turbidez pode ser consequência da carga de sedimentos atribuídos ao corpo d'água em precipitações mais intensas. Neste sentido, é possível observar que a turbidez possui, respectivamente, correlações positivas e significativas com os sedimentos, ou seja, a partir do aumento na concentração de sedimentos no escoamento, a turbidez tem seus valores aumentados. A maior taxa de proteção do solo pela floresta tende a produzir menor taxa de escoamento superficial. A floresta já em estágio adulto protegeu o solo, reduziu o escoamento superficial e os níveis de turbidez da água da microbacia são menores, uma vez que o potencial de carreamento de partícula é reduzido. Em Cunha - SP, práticas de manejo na microbacia com florestas plantadas plantada não interferiram na oscilação dos parâmetros físicos e químicos correspondentes à qualidade da água em relação à microbacia com floresta nativa (ARCOVA et al., 1999). Na Nova Zelândia, região de Waikato, em substituição a uma área de pastagem em uma microbacia foram plantados eucaliptos. Não se verificou oscilação dos parâmetros físicos e químicos da água de escoamento superficial quando comparado com floresta nativa. A turbidez elevada e concentrações de sólidos suspensos associada a baixa clareza da água foram atribuídos a remobilização do material da margem acumulado sob um regime de uso da terra de pastagem anterior (QUINN et al., 1997).

A condutividade elétrica não variou significativamente com a declividade entre 2008 e 2012, porém em 2007 foi superior na declividade de 20% e 25% com $188.7 \mu\text{S cm}^{-1}$ na presença de cordão de contorno e na declividade de 14 - 17% sem a presença do cordão de contorno ($163.0 \mu\text{S cm}^{-1}$). Em 2013 a condutividade elétrica aumentou apenas na declividade de 14% e 17% na presença de cordão de contorno ($177.3 \mu\text{S cm}^{-1}$). Nos anos de 2008, 2009 e 2010 foram registradas maiores condutividades em parcelas com cordão de contorno, independente da declividade, diferenças não observadas em 2011 e 2012. Nos anos de 2007 e 2013, apenas na declividade de 14% e 17% os valores de condutividade elétrica na presença de cordão de contorno foram superiores (Figura 4).

Tabela 1. Médias de pH, turbidez (NTU) e condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$) da água de escoamento superficial de parcelas em duas declividades (14-17%; 20-25%) com presença e ausência de cordão de contorno em área com cobertura vegetal de eucalipto entre 2007 e 2013

Tratamento	2007			2008		
	pH	Turbidez (NTU)	Condut. ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	pH	Turbidez (NTU)	Condut. ($\mu\text{S cm}^{-1}$)
CC (14-17%)	5.79 a	47.0 b	143.6ab	5.77 a	132.5 b	53.5 a
SC (14-17%)	5.65 a	27.0 b	163.0ab	5.83 a	63.0 c	40.2 a
CC (20-25%)	5.47 b	60.1 a	188.7 a	5.73 a	78.8 c	48.2 a
SC (20-25%)	5.46 b	74.8 a	114.3 b	5.73 a	209.8 a	34.2 a
Tratamento	2009			2010		
	pH	Turbidez (NTU)	Condut. ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	pH	Turbidez (NTU)	Condut. ($\mu\text{S cm}^{-1}$)
CC (14-17%)	7.44 a	94.5 a	35.8 a	6.30 a	130.8 a	29.2 a
SC (14-17%)	7.17 a	60.0 a	20.8 a	6.10 a	51.1 b	24.8 a
CC (20-25%)	6.30 b	70.5 a	39.1 a	6.09 a	110.0 a	28.1 a
SC (20-25%)	6.19 b	66.0 a	28.0 a	6.12 a	33.9 b	26.4 a
Tratamento	2011			2012		
	pH	Turbidez (NTU)	Condut. ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	pH	Turbidez (NTU)	Condut. ($\mu\text{S cm}^{-1}$)
CC (14-17%)	5.72 a	93.7 a	44.0 a	6.56 a	188.2 a	79.7 a
SC (14-17%)	5.54 a	41.2 b	40.4 a	6.28 a	28.1 b	44.3 a
CC (20-25%)	5.24 a	110.4 a	41.3 a	5.23 b	112.6 a	60.3 a
SC (20-25%)	5.39 a	31.6 b	44.9 a	5.52 b	58.1 b	62.7 a
Tratamento	2013					
	pH	Turbidez (NTU)	Condut. ($\mu\text{S cm}^{-1}$)			
CC (14-17%)	5.66 a	98.1 a	177.3 a			
SC (14-17%)	5.54 a	39.3 a	74.1 b			
CC (20-25%)	4.89 b	83.0 a	77.0 b			
SC (20-25%)	5.11 b	61.0 a	75.7 b			

Médias seguidas por letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0.05 de significância

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para pH, turbidez (NTU) e condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$) da água de escoamento superficial de parcelas em duas declividades (14-17%; 20-25%) com presença e ausência de cordão de contorno em área com cobertura vegetal de eucalipto entre 2007 e 2013.

Causas de variação	Ano 2007					
	pH		Turbidez (NTU)		Condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	
	<i>gl</i>	<i>QM</i>	<i>gl</i>	<i>QM</i>	<i>gl</i>	<i>QM</i>
Tratamentos	3	1,059*	3	17092,191**	3	41463,464*
Resíduos	163	0,337	163	3431,782	163	15008,884
Causas de variação	Ano 2008					
	pH		Turbidez (NTU)		Condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	
	<i>gl</i>	<i>QM</i>	<i>gl</i>	<i>QM</i>	<i>gl</i>	<i>QM</i>
Tratamentos	3	0,080	3	157851,45**	3	2621,522
Resíduos	140	0,290	140	30164,232	140	1802,680
Causas de variação	2009					
	pH		Turbidez (NTU)		Condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	
	<i>gl</i>	<i>QM</i>	<i>gl</i>	<i>QM</i>	<i>gl</i>	<i>QM</i>
Tratamentos	3	23,862**	3	13757,444	3	4185,260
Resíduos	243	0,913	243	8666,630	243	2140,314
Causas de variação	2010					
	pH		Turbidez (NTU)		Condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	
	<i>gl</i>	<i>QM</i>	<i>gl</i>	<i>QM</i>	<i>gl</i>	<i>QM</i>
Tratamentos	3	0,914	3	204922,82	3	366,367
Resíduos	382	1,300	382	15917,187	382	580,64
Causas de variação	2011					
	pH		Turbidez (NTU)		Condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	
	<i>gl</i>	<i>QM</i>	<i>gl</i>	<i>QM</i>	<i>gl</i>	<i>QM</i>
Tratamentos	3	2,327	3	83558,808**	3	258,321
Resíduos	219	1,319	219	10871,241	219	2528,514
Causas de variação	2012					
	pH		Turbidez (NTU)		Condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	
	<i>gl</i>	<i>QM</i>	<i>gl</i>	<i>QM</i>	<i>gl</i>	<i>QM</i>
Tratamentos	3	5,873**	3	74718,322*	3	3141,572
Resíduos	56	0,761	56	18485,243	56	2861,428
Causas de variação	2013					
	pH		Turbidez (NTU)		Condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	
	<i>gl</i>	<i>QM</i>	<i>gl</i>	<i>QM</i>	<i>gl</i>	<i>QM</i>
Tratamentos	3	7,673	3	38509,543*	3	142113,549
Resíduos	235	0,555	235	18323,338	235	28532,762

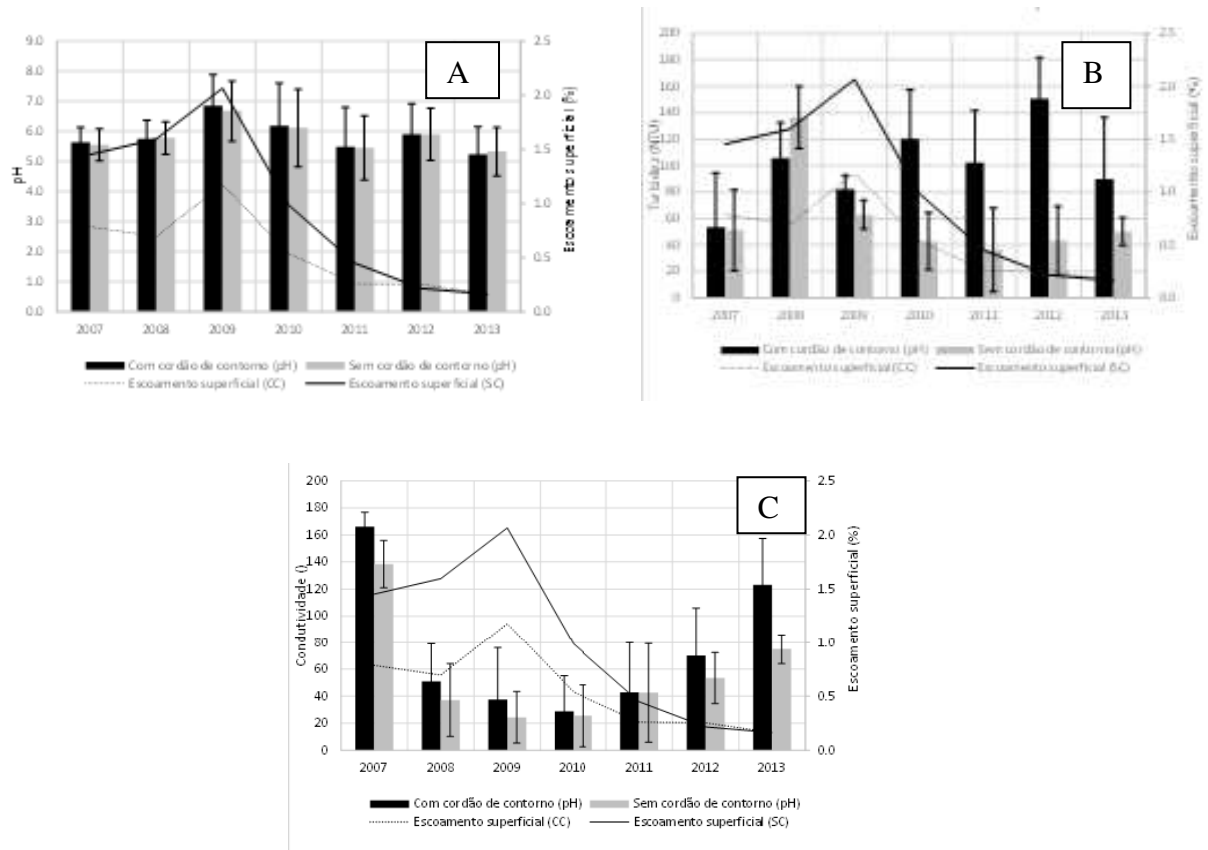
** significativo a 0,01 de significância;

* significativo a 0,05 de significância;

QM: quadrado médio

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 4. Relação entre pH, turbidez (NTU) e condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$) e os percentuais de escoamento superficial em duas declividades (14-17%; 20-25%) com presença e ausência de cordão de contorno em área com cobertura vegetal de eucalipto entre 2007 e 2013. A) pH x escoamento superficial; B) Turbidez x escoamento superficial; C) Condutividade x escoamento superficial



Fonte: Elaborado pelo autor.

4 CONCLUSÕES

A água de escoamento superficial mostrou-se ácida, com pH abaixo de 7 nas parcelas com e sem cordão de contorno, independente da declividade;

Houve aumento da turbidez e da condutividade elétrica nas parcelas com cordão de contorno, porém a declividade foi um fator secundário no efeito desses fatores;

A redução do escoamento superficial foi acompanhada de aumento da turbidez, especialmente em parcelas com cordão de contorno, enquanto a condutividade aumentou para ambas, parcelas com e sem cordão de contorno.

REFERÊNCIAS

- ARVOVA, F. C. S.; CICCIO, V. Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, v.56, p. 125-134, 1999.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR **6023**: informação e documentação – referências – elaboração. Rio de Janeiro, 2002. 24 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR **6024**: informação e documentação - numeração progressiva das seções de um documento - apresentação. Rio de Janeiro, 2012. 4 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR **6027**: informação e documentação – sumário - apresentação. Rio de Janeiro, 2013. 3 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR **6028**: informação e documentação – resumos - apresentação. Rio de Janeiro, 2003. 2 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR **10520**: informação e documentação - citações em documentos – apresentação. Rio de Janeiro, 2002. 7 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR **14724**: informação e documentação – trabalhos acadêmicos- apresentação. Rio de Janeiro, 2011. 11 p.
- BALBINO, R et al. O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas. **Ambiência**, v.4, p.131-149, 2008.
- BRASIL. Resolução Conama 357/2005 de 18/03/2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências, v.53, p.58-63, 2005.
- CAZULA, L.P.; MIRANDOLA, P.H. Bacia hidrográfica – conceitos e importância como unidade de planejamento: um exemplo aplicado na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado - SP – Brasil. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros**, v.12, p.101-124, 2010.
- DIEBEL, M.W et al. Landscape Planning for Agricultural Non-Point Source Pollution Reduction. II. Balancing Watershed Size, Number of Watersheds, and Implementation Effort. **Environmental Management**, v.43, p.60–68, 2009.
- DINIZ, A.R et al. Precipitação e aporte de nutrientes em diferentes estádios sucessionais de floresta atlântica, RJ. **Ciência Florestal**, v.23, p.389-399, 2013.
- EBABU, K.A.B et al. Effects of land use and sustainable land management practices on runoff and soil loss in the Upper Blue Nile basin, Ethiopia. **Science of the Total Environment**, v.648, p.1462-1475, 2019.
- FERNANDES, M.M et al. Influência do uso do solo na qualidade de água da microbacia Glória, Macaé – RJ. **Engenharia Ambiental**, v.8, p. 105-116, 2011.

- FILOSO, S et al. Impacts of forest restoration on water yield: A systematic review. **PLoSOne** 12. 2017.
- HADLICH, G. M.; SCHEIBE, L. F. Dinâmica físico-química de águas superficiais em região de intensa criação de suínos: exemplo da bacia hidrográfica do rio Coruja-Bonito, município de Braço do Norte, SC. **Geochimica Brasiliensis** 21: 245-260, 2007.
- HESPANHOL, I. Um novo paradigma para a gestão dos recursos hídricos. **Estudos Avançados**, v. 22, p.131-158, 2008.
- KATISIAPI, M et al. Watershed land use types as drivers of freshwater phytoplankton structure. *Hydrobiologia*, v. 686, p. 1-14, 2012.
- LORENZON, A.S et al. Escoamento da água da chuva pelo tronco das árvores em uma floresta estacional semidecidual. *Revista Árvore*, v. 39, n. 3, p. 423-430, 2015.
- LIMA, W. Escoamento superficial, perdas de solo e de nutriente em microparcelas reflorestadas com eucalipto em solos arenosos no município de São Simão, SP. **IPEF**, v.38, p.5-16, 1988.
- MARMONTEL, C.V.F.; RODRIGUES, V.A. Parâmetros Indicativos para Qualidade da Água em Nascentes com Diferentes Coberturas de Terra e Conservação da Vegetação Ciliar. **Floresta e Ambiente**, v.22, p. 171-181, 2015.
- MARTINS, F.B et al. Classificação climática de köppede thornthwaite para Minas gerais: cenário atual e projeções futuras. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.14, p.129-152, 2018.
- MCDONALD, M.A et al. The effects of secondary forest deforestation and subsequent land use in erosion losses and soil properties in the Blue Mountains of Jamaica. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.92, p.1-19, 2002.
- PIRATOBA, A.R.A et al. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Ambiente & Água**, v.12, p.435-456, 2017.
- QUINN, J.M. et al. Effects of land use on habitat, water quality, periphyton, and benthic invertebrates in Waikato County streams, **New Zealand. Journal of Marine and Freshwater Research**, v.31, p. 579-597, 1997.
- SUN, D et al. Soil erosion and water retention varies with plantation type and age. **Forest Ecology and Management**, v.422, p. 1-10, 2019.
- TAKEDA, I. Long-term trends in water quality in an under-populated watershed and influence of precipitation. **Journal of Water and Environment Technology**, v.7, p.293-306, 2009.
- TUCCI, C.E.M.; CLARKE, R.T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: Revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.2, p. 135-152, 1997.
- ZHANG, L. e WHANG, J.B.Z Effects of vegetation on runoff and soil erosion on reclaimed land in an opencast coal-mine dump in a loess área. **Catena**, v.128, p. 44-53, 2015.

ZHOU, O et al. Survivor ship of plants pecies from soils ed bank after translocation from subtropical natural forests to plantation forests. **Forest Ecology and Management**, v.432, p. 741-747, 2015.

CONCLUSÕES GERAIS

- Apesar dos bons resultados avaliados ao longo dos 8 anos de estudos, os resultados não podem ser extrapolados e generalizados para as diferentes situações enfrentadas;
- O estudo foi direcionado principalmente para *Eucalyptus urophylla* na região da zona da mata mineira por sua importância econômica e maior concentração das plantações. Todavia outros estudos deverão ser realizados com outras espécies havendo muito para avançar nesse sentido;
- É grande o número de microbacias degradadas na zona da mata mineira com sérias consequências negativas para os recursos hídricos das microbacias. Apesar do forte apelo os resultados destas pesquisas não chegam ao alcance dos responsáveis pela elaboração de políticas estratégicas e sustentáveis para uma determinada região. Somente com a diminuição da separação que existe entre a ciência e a sociedade é que o conhecimento científico pode ter uma aplicação prática para os produtores rurais e a sociedade em geral;
- No contexto atual de mudanças climáticas e recursos naturais cada vez mais escassos, o foco deve ser o cuidado com os recursos em todos os âmbitos e sua utilização racional. Em adição à adoção de boas práticas de manejo dos povoamentos, também se pode pensar em outras características, além da produtividade, no momento de selecionar uma espécie para uma determinada região com aptidão florestal, por exemplo, espécies mais eficientes no uso de água. Com a aplicação do conhecimento e da tecnologia existentes, o caminho da sustentabilidade pode ser alcançado em todos os aspectos.
- Soluções de manejo sustentável da terra abrangendo práticas de manejo do solo e água. Essas práticas garantem a perpetuação dos recursos naturais, a prática sustentável da atividade florestal e a segurança alimentar;
- A realização de estudos voltados às condições e aos níveis de degradação dos corpos hídricos pode servir de instrumento importante para o planejamento ambiental, orientando a alteração de procedimentos e o redirecionamento de políticas públicas no setor ambiental e na gestão dos recursos hídricos.