

**Monitoramento de riachos na Estação Experimental de Ciências Florestais de Itatinga
(EECF – Itatinga) da ESALQ/USP.**

Responsável: Prof. Silvio Frosini de Barros Ferraz

Alunos de pós-graduação

Doutorado: Carla Cristina Cassiano, Carolina Bozetti Rodrigues, Ricardo Taniwaki

Mestrado: Frederico Miranda, Lara Gabrielle Garcia

Alunos de graduação: Leandro Balistieri, Aline Fransozi

Funcionários: Eng. Rildo Moreira e Moreira

Unidades USP: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ)

Estação Experimental de Ciências Florestais de Itatinga (E. E. Itatinga)

Resumo

Desde o ano de 1991, a microbacia experimental do ribeirão Tinga vem sendo monitorada na E. E. Itatinga, com o objetivo de avaliar os efeitos hidrológicos do manejo florestal. Os resultados deste projeto inicial forneceram importantes informações sobre os impactos dos plantios na quantidade, qualidade e regularidade de vazão nos riachos, no entanto, ainda questionam-se quais os efeitos hidrológicos de um novo planejamento da exploração intercalado no tempo e espaço, bem como de um sistema de estradas mais conservacionista. Estas questões somente poderão ser respondidas com o incremento do projeto inicial, incluindo alguns aspectos não contemplados anteriormente, como o monitoramento de sedimentos em suspensão e a inclusão de microbacias pareadas. Pretende-se avaliar os efeitos na quantidade, regime de vazão, qualidade da água e sedimentos em suspensão de um sistema de manejo em mosaico, um sistema de manejo tradicional e um manejo para implantação de floresta nativa. Para tal, o vertedouro instalado na E.E. Itatinga será aperfeiçoado com a colocação de novos sensores, e será realizada a instalação das duas novas microbacias. As três microbacias serão monitoradas durante os próximos anos, sendo que esse projeto apresentará resultados efetivos em longo prazo, entretanto as respostas iniciais podem fornecer indícios para um sistema sustentável de silvicultura. O monitoramento das microbacias permitirá averiguar os efeitos do manejo do eucalipto na água, permitindo estabelecer diretrizes que visem à conservação dos recursos hídricos; principalmente em relação à manutenção de uma vazão constante no riacho ao longo do ciclo de manejo do eucalipto.

1. Introdução

As florestas naturais oferecem diversos serviços ecossistêmicos, entre eles o armazenamento e a regulação da água, que se destacam atualmente, devido ao crescente conflito, entre a demanda e o abastecimento de água, pelo crescimento populacional (BIAO *et al.*, 2010). De modo que, a relação entre plantações florestais com espécies de rápido crescimento e a água se tornou tema polêmico no mundo todo. Em termos gerais, as evidências disponíveis mostram que estas plantações apresentam um consumo elevado de água (ZHANG *et al.*, 2001; FARLEY *et al.*, 2005; VAN DIJK; KEENAN, 2007; LARA *et al.*, 2009) e promovem alterações na qualidade da água do riacho (MALMER, 1996; BRINKLEY *et al.*, 1999; QUINN; STROUD, 2002; DRINAN *et al.*, 2013), mas apontam, também, que há muito espaço para nortear as atividades de manejo a fim de diminuir esses impactos e evitar conflitos pelo uso da água. Sendo preciso encontrar um equilíbrio, alcançando benefícios econômicos, sociais e ambientais (FOLEY *et al.*, 2005).

A presença de cobertura florestal, quando comparada a outros tipos de uso do solo, aumenta a capacidade de infiltração da água da chuva, onde à presença de serapilheira e ao alto nível de matéria orgânica nos primeiros centímetros do solo propiciam condições ideais para infiltração e diminuição do escoamento superficial (BALBINOT *et al.*, 2008; NEARY *et al.*, 2009). Raízes, minhocas e insetos tornam o solo mais arejado, facilitando a infiltração, promovendo o armazenamento de água no solo, reduzindo os picos de enchentes e aumentando o fluxo base (BRAUMAN *et al.*, 2007), agindo na regulação do regime hidrológico dos rios (CALDER, 2002), onde a mudança na cobertura do solo altera esse regime.

Os riachos têm a qualidade das suas águas influenciada tanto por fatores intrínsecos (naturais) como por fatores antrópicos (uso e manejo do solo) nas bacias hidrográficas (JARVIE *et al.*, 1997; JOHNSON *et al.*, 1997; STOATE *et al.*, 2001). Neal *et al.* (2006) observaram que a concentração de Ca e a alcalinidade eram determinadas pela geologia enquanto a concentração de Na, Cl, fósforo solúvel e nitrato, eram consequência do uso do solo. Mudanças no uso do solo afetam, consideravelmente, a exportação de carbono, por alterarem a hidrologia da bacia, os processos físico-químicos do solo, a produção primária de carbono orgânico e a morfologia do canal de drenagem (HOPE; BILLET; CRESSER, 1994). Em termos das saídas naturais ou perdas de nutrientes pela microbacia, o monitoramento de riachos deve incluir tanto a análise química da água do riacho (sólidos dissolvidos), quanto os produtos da erosão (sedimentos em suspensão).

A influência das florestas na erosão varia em função das características climáticas e edafoclimáticas da região em que se encontram, juntamente com o manejo ou estado de conservação destas (CALDER, 2002). Além disso, outros fatores de grande influência são a área e a posição que a floresta ocupa na paisagem (SHVIDENKO *et al.*, 2005). As florestas podem apresentar impactos benéficos ou adversos (CALDER, 2002; HALL; CALDER, 1993; HAMILTON; KING, 1983):

- Alta taxa de infiltração em florestas nativas reduzem o escoamento superficial e o transporte de sedimentos;
- Os sistemas radiculares das florestas atuam na estabilidade do solo reduzindo a erosão;
- Em locais com alta declividade, onde sistemas de conservação do solo para áreas agrícolas são insuficientes para o controle do escoamento superficial, devem ser destinados a florestas por serem mais efetivas;
- Preparo incorreto do solo em florestas plantadas pode reduzir a infiltração e aumentar o escoamento superficial;
- Construção de estradas e tráfego de máquinas pode promover a formação de erosão em sulcos;
- As espécies florestais com folhas grandes promovem a formação de gotas maiores as quais, ao caírem do dossel, tem maior efeito na erosão devido ao cisalhamento da superfície do solo.

Com o intuito de conhecer os impactos na água da mudança da cobertura do solo utiliza-se o monitoramento de microbacias experimentais (BOSH; HEWLETT, 1982; BROWN *et al.*, 2005). Uma premissa básica do uso deste método é a de que as atividades de uso da terra, ou do manejo dos recursos naturais, por exemplo, vão necessariamente causar algum efeito sobre os recursos hídricos. A magnitude destes efeitos, evidentemente, vai variar de local para local, podendo apresentar repostas rápidas, médias e lentas a essas mudanças (BROWN *et al.*, 2013), mas o ponto chave é que o método permite avaliar o uso, ou o mau uso da terra através do monitoramento de algumas propriedades da água superficial e subsuperficial que emanam das microbacias. Isto, pois, a alteração da quantidade, da qualidade e do regime de vazão das microbacias pode ser vista como um bom indicador dos impactos de médio e longo prazo do manejo de florestas plantadas (SWANK; JOHNSON, 1994).

Vários trabalhos em microbacias experimentais evidenciaram que as atividades de manejo florestal podem afetar o balanço hídrico e a qualidade da água. A mudança no uso do solo, ocasionada pela implantação e colheita das espécies vegetais, tem impacto direto nos

processos hídricos da microbacia (HORNBECK *et al.*, 1993; STEDNICK *et al.*, 1996; SWANK *et al.*, 2001), assim como a quantidade de floresta plantada (STEDNICK, 1996; GILFEDDER *et al.*, 2012) e o tipo de vegetação (CUI *et al.*, 2012) também influenciam quantitativamente e qualitativamente a disponibilidade de água desta microbacia. Um bom planejamento em nível de bacia pode controlar algumas mudanças em termos de produção média anual (ZHANG *et al.*, 2012). O estabelecimento de plantios com ao menos duas idades diferentes na bacia pode resultar na redução das variações do nível do lençol freático (ALMEIDA *et al.*, 2007). De modo que, a utilização do manejo em mosaico pode estabilizar a vazão dos riachos, assim como, a presença e quantidade de floresta nativa, como as áreas de preservação permanente, na bacia também contribui para a redução e regulação da água no riacho (FERRAZ; LIMA; RODRIGUES, 2013). Florestas nativas quando presentes na área ripária evitam uma série de impactos diretos sobre os riachos além de propiciarem diversos serviços ecossistêmicos para a paisagem (GREGORY *et al.*, 1991; ALLAN, 2004; BRAUMAN *et al.*, 2007; STUDINSKI *et al.*, 2012).

Um esquema experimental adequado para o monitoramento hidrológico do manejo florestal em microbacias envolveria o uso de microbacias adjacentes ou vizinhas, uma delas operacional, ou seja, submetida ao manejo, e outra que funcionaria como microbacia testemunha ou referência, de preferência coberta com vegetação natural sem manejo (BROWN *et al.*, 2005). Nesses estudos utiliza-se de um período de pré-tratamento para calibrar um modelo preditivo de pós-tratamento (WATSON *et al.*, 2001) tornando a comparação estatística dos impactos das práticas de manejo mais robusta. Em plantios comerciais apenas os dados do ano seguinte ao manejo são utilizados para avaliar o efeito da redução da vegetação no regime hidrológico (BROWN *et al.*, 2005). Sendo que, nos anos seguintes há diminuição na produção de água na bacia devido à taxa de crescimento do novo plantio (BOSH; HEWLETT, 1982).

Estas evidências, desta forma, salientam que o processo de monitoramento hidrológico em microbacias experimentais, em termos de balanço hídrico e qualidade da água, constitui procedimento adequado para a avaliação dos efeitos imediatos das atividades ou práticas de manejo das florestas plantadas (LIMA, 1997).

2. Justificativas

O Programa de Monitoramento Ambiental em Microbacias (PROMAB) está estabelecido no Brasil a mais de 20 anos com o objetivo de avaliar os efeitos hidrológicos do manejo florestal. Dentre as bacias monitoradas está a microbacia do Tinga na Estação Experimental de Itatinga-SP. A microbacia do Tinga é monitorada há 19 anos, composta inicialmente por um povoamento

de *Eucalyptus saligna* que com aproximadamente 50 anos passou por corte-raso em 1997, fornecendo importantes informações:

- Aumento do deflúvio no primeiro ano subsequente ao corte raso.
- Gradativa diminuição do deflúvio ao longo dos primeiros anos de crescimento da nova plantação de *Eucalyptus saligna* na microbacia.
- Aumento dos sedimentos em suspensão durante o processo de colheita.
- Aumento da saída de alguns nutrientes principalmente durante a fase de colheita.

Embora esse projeto inicial tenha fornecido resultados interessantes, várias outras questões na relação entre o manejo de plantações florestais e a água ficaram evidentes, as quais constituem a base da formulação de uma segunda fase do projeto de microbacias experimentais na E.E. Itatinga, tais como:

- Quais os efeitos hidrológicos de um planejamento da exploração intercalado no tempo e espaço?
- Como a resposta hidrológica e a dinâmica de sedimentos em suspensão na microbacia manejada diferem daquelas obtidas em áreas com cobertura vegetal nativa?
- Como o planejamento conservacionista de estradas florestais poderá reduzir os impactos na qualidade da água?

Estas questões somente poderão ser respondidas com o incremento do projeto inicial, agora incluindo alguns aspectos não contemplados anteriormente, principalmente no que diz respeito à inclusão de duas microbacias adjacentes, a primeira contendo cobertura florestal nativa, que funcionará como microbacia testemunha, ou de referência. A segunda permanecerá com manejo tradicional do plantio de eucalipto e a microbacia do Tinga será submetida a um manejo diferenciado, em mosaico, constituindo o chamado esquema de “microbacias pareadas”.

Neste novo esquema experimental outras linhas importantes do monitoramento hidrológico serão desenvolvidas, tais como:

- Monitoramento da dinâmica de sedimentos em suspensão por meio de sensores automáticos;
- Monitoramento da vazão por meio de sensores automáticos;
- Início do manejo em mosaico na microbacia do Tinga;
- Inclusão de uma microbacia com manejo tradicional (Forquilha 2);
- Inclusão de uma microbacia controle com cobertura vegetal nativa (Forquilha 1).

Será realizado o monitoramento hidrológico permanente das três microbacias, que possibilitará comparações entre os diferentes manejos utilizando-se dos dados para estimar os impactos da atividade florestal e buscar soluções para a mitigação dos mesmos. O entendimento

e a comprovação dos fatores que levam às variações do regime hidrológico nos riachos devido ao manejo do eucalipto podem fornecer bases para a implementação de um manejo sustentável da água em nível de bacia hidrográfica.

A área territorial da ESALQ corresponde a 50,44% da área total da USP, sendo que aproximadamente 70% dessa área pertencem às estações experimentais de Itatinga e Anhembi (ESALQ, 2009). As duas estações experimentais são administradas pelo Departamento de Ciências Florestais da ESALQ, com o objetivo de promover suporte técnico e operacional para a implementação de atividades voltadas à educação, ciência e desenvolvimento tecnológico.

As estações experimentais são ocupadas majoritariamente por plantios de eucalipto, com áreas utilizadas para o desenvolvimento de projetos de silvicultura, melhoramento genético e tecnologia florestal e áreas destinadas ao arrendamento para empresas florestais. De modo que a atividade florestal dentro da USP é expressiva e demanda atenção assim como a prática de um manejo correto que vise à conservação do ecossistema em que está inserido.

Nesta proposta, considerando os conhecimentos já obtidos pelo monitoramento de microbacias procura-se ampliar o escopo do monitoramento em termos de variáveis e escalas com o objetivo de obter maior detalhamento dos impactos causados pelo manejo de florestas plantadas na qualidade, regularidade e quantidade da água em riachos para ao final estabelecer diretrizes e práticas que objetivam o uso racional e a conservação desse recurso natural que vão de acordo à proposta de gestão ambiental da universidade.

3. Materiais e Métodos

Área de estudo

O estudo será desenvolvido nas microbacias do córrego Tinga e do córrego Forquilha 1 e do córrego Forquilha 2 (Figura 1), localizadas no interior da Estação Experimental de Ciências Florestais de Itatinga (EECFI), município de Itatinga – SP, situada a uma distância de aproximadamente 180 km do Campus da ESALQ/USP em Piracicaba.

A EECFI se encontra à latitude de 23°10' S e à Longitude de 48°40' W, com uma elevação de 850 metros. A topografia caracteriza-se por ser levemente ondulada. O clima é classificado como Cwa, segundo a classificação de Koppen, com temperaturas médias anuais de 20°C, sendo 3°C a temperatura média mínima do mês mais frio e 32°C a temperatura média mínima do mês mais quente. A precipitação média anual é de 1.350 mm. A estação experimental conta com uma área total de 2.119,6 hectares, sendo ocupada por áreas de preservação e

conservação ambiental, bem como por plantios comerciais e experimentais de *Eucalyptus* spp. e *Pinus* spp.

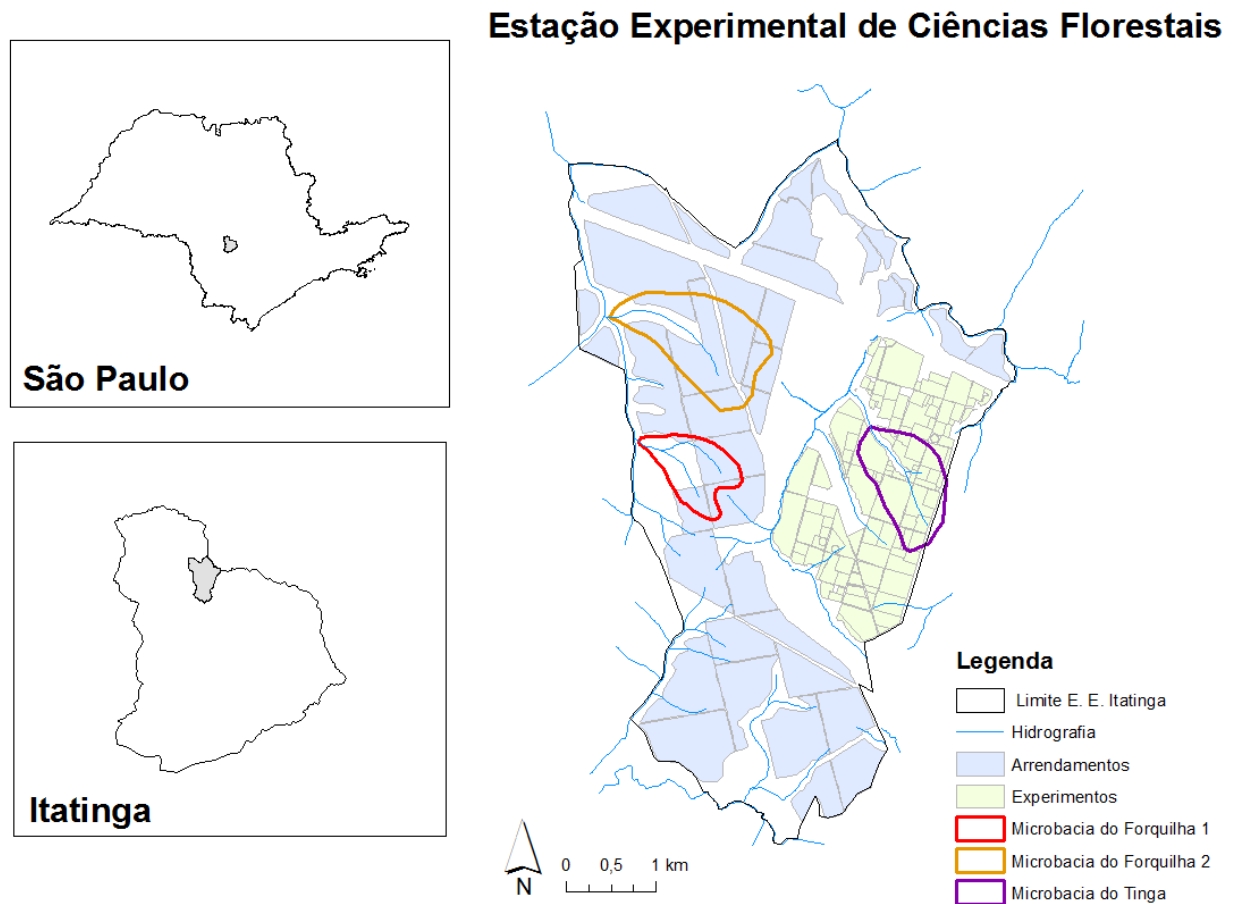


Figura 1 – Localização da microbacias do riacho Forquilha 1 e 2 (à esquerda) e Tinga (à direita) na EECFI, Itatinga-SP. A Rodovia Castelo Branco corta a imagem em seu canto direito superior.

Levantamento de dados

A primeira parte do projeto será o levantamento e a organização dos dados de precipitação da E.E. Itatinga, e dos dados de vazão e qualidade da água (N, P, K, Ca, Mg e sedimentos (mg.L^{-1}), pH, condutividade (uS.cm^{-1}), cor e turbidez) da microbacia do Tinga monitorados pelo PROMAB desde 1991. Estes dados já se encontram disponíveis uma vez que o PROMAB é coordenado pelo Laboratório de Hidrologia Florestal da ESALQ/USP, mesmo laboratório em que será realizado o projeto.

Base cartográfica

Será realizado o mapeamento das microbacias do Tinga e Forquilha 1 e 2 a partir das cartas planialtimétricas do Plano Cartográfico do Estado de São Paulo, realizadas pelo Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (IGC), da Secretaria de Economia e Planejamento do Governo do Estado de São Paulo em 1979, na escala 1:10.000, através do software ArcGIS 9.3. Esse mapeamento permitirá a obtenção das variáveis físicas das microbacias, como área, aspecto, altitudes máximas e mínimas e declividade. Também serão determinados os solos presentes nas microbacias, a partir de um levantamento elaborado na própria E.E., onde predominam os Latossolos e Solos Podzólicos. A geologia será obtida a partir do Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, realizado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), na escala 1:500.000. O levantamento dessas variáveis é fundamental para estabelecer o pareamento adequado entre as microbacias em questão.

Estação Linimétrica

Na bacia do Tinga já se encontra instalado uma estação fluviométrica com sensor de nível do tipo Thalimedes, entretanto, nas microbacias pareadas, córrego Forquilha 1 e 2, há a necessidade de se construir uma estrutura de alvenaria apropriada e instalá-los (o vertedor e o sensor de nível do tipo Thalimedes). A escolha dos locais de implantação dos vertedouros foi identificada por meio de uma inspeção *in loco*, através da análise do formato da calha do rio, procurando uma região onde o córrego fosse retilíneo e mais uniforme, facilitando assim os processos de instalação dos vertedouros e as análises que serão realizadas ao longo do tempo.

Optou-se pela implantação de um vertedor do tipo calha “H” por este ser similar ao da microbacia Tinga que está a aproximadamente 2 km de distância e apresenta mesmas características de tamanho, forma, orientação, solos e relevo.

O sensor que melhor se adequa à estrutura da estação fluviométrica proposta é o do tipo Thalimedes. O mesmo funciona independentemente com bateria própria, coletando dados de cota a intervalos programáveis, os quais ficam armazenados no *datalogger* interno e são transferidos mensalmente para um microcomputador.

A construção dos vertedouros deverá ser aprovada, primeiramente, pelos órgãos ambientais competentes, no caso da região de Itatinga este órgão é representado pela figura da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). Após a aprovação, as etapas

irão envolver em ambas as microbacias do Forquilha a preparação e sistematização do canal do riacho no ponto selecionado, para permitir a construção da parede frontal de concreto (transversal ao canal) e as paredes laterais que constituirão o tanque de sedimentação à montante do vertedor. Para estes trabalhos de construção civil, torna-se necessário, o desvio temporário do riacho através de um tubo de PVC drenando o riacho a partir de uma pequena barragem de sacos de areia a montante. Essa metodologia evita a necessidade da estruturação de um canal temporário para prover vazão à água, facilitando os processos de implantação do vertedor. As partes de construção civil serão contrapartida da Instituição que se encarregará de executá-las.

Monitoramento da qualidade da água

A qualidade da água será monitorada por meio da coleta e análise de amostras de água dos cursos d'água semanalmente nos vertedores. As amostras de água serão coletadas na superfície, no meio do canal utilizando uma garrafa de polietileno de alta densidade tipo "Niskin" de 1 litro (ANDRADE *et al.*, 2008). Os seguintes indicadores/parâmetros serão analisados:

- a) nutrientes: cálcio, magnésio, sódio, potássio, nitrato, fósforo e ferro.
- b) Parâmetros físicos: condutividade elétrica, sólidos em suspensão e turbidez.
- c) Parâmetros químicos: pH, oxigênio dissolvido.

As análises químicas devem seguir os procedimentos padronizados recomendados (APHA, 1975) e serão realizadas no Laboratório de Ecologia Aplicada do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP. Os resultados serão organizados seguindo o padrão já estabelecido pelo PROMAB.

Monitoramento da dinâmica de sedimentos

O monitoramento dos sedimentos em suspensão nas três microbacias será realizado por meio de sensores eletrônicos OBS5A (Campbell Scientific), sendo um para cada microbacia¹, os quais registrarão a concentração de sedimentos em suspensão em intervalos de 15 minutos, coincidindo com os registros de altura da lâmina d'água.

Os dados semanais de sólidos e turbidez em suspensão serão utilizados para a calibração do sensor OBS5+ que se baseia em medições de turbidez (sensor ótico) para determinação da concentração de sólidos em suspensão.

¹ O Laboratório de Hidrologia Florestal já dispõe dos sensores de sedimentos em suspensão.

O monitoramento terá início assim que a infraestrutura para a instalação da estação limimétrica estiver pronta e os equipamentos forem instalados. Espera-se que os dois primeiros meses de monitoramento sejam utilizados para calibração e ajustes dos equipamentos. A partir do início do monitoramento, não existe prazo para seu término, sendo que todas as microbacias serão permanentemente monitoradas, fornecendo dados para este projeto e outros futuros.

Manejo das microbacias

A microbacia Forquilha 1 será manejada para se tornar uma bacia testemunha, a qual deve permanecer sem alteração no uso do solo durante o período de monitoramento permitindo comparações com as demais microbacias. Para isso, será realizado o corte do eucalipto presente na microbacia e sua substituição por floresta nativa. Após um período inicial de reflorestamento e posterior crescimento da vegetação nativa espera-se uma estabilização do seu regime hidrológico para sua utilização como bacia testemunha. Entretanto, a microbacia pode levar de 8 a 25 anos para alcançar esse novo equilíbrio (BROWN *et al.*, 2013). No presente trabalho será observada a variação da vazão ocasionada pela implantação da microbacia testemunha com o corte-raso do eucalipto presente, correspondente a 60% da microbacia.

Os dados da microbacia testemunha, posteriormente, serão utilizados na avaliação dos efeitos da mudança da cobertura vegetal nas bacias manejadas a fim de se eliminar o efeito climático (BOSH; HEWLETT, 1982). A mudança na precipitação e na temperatura afetam os processos de infiltração e evapotranspiração (ZHANG *et al.*, 2001) podendo superestimar ou subestimar os efeitos da mudança do uso do solo quando comparados à série histórica do próprio canal.

Na microbacia Forquilha 2 será realizado o manejo tradicional com corte-raso do plantio de eucalipto em ciclo curto (de 6 a 7 anos). O corte-raso do plantio de eucalipto irá compreender mais de 80% da área da microbacia.

A microbacia do Tinga apresenta uma área de aproximadamente 87 ha, sendo 92% coberta por plantio de eucalipto e 8% por floresta nativa, referente à sua área de preservação permanente - APP. O efeito do corte-raso do eucalipto na microbacia do Tinga foi observado por Câmara (1999) com aumento do deflúvio no ano seguinte ao corte. Agora se pretende observar o efeito do manejo em mosaico a partir do corte de 25% do eucalipto presente na bacia, correspondente a uma área de 20 ha. O manejo prosseguirá com o corte de 25% do plantio a cada dois anos, estabelecendo um ciclo de corte para o eucalipto de sete anos.

A divisão da área para o manejo em mosaico foi baseada na revisão sobre os efeitos da mudança na cobertura vegetal na produção de água em bacias hidrográficas de Brown et al. (2005) onde averiguou-se que reduções na vegetação florestal inferiores a 20% da área da microbacia não são detectadas nas medições de vazão.

Junto ao novo sistema de manejo as estradas presentes na microbacia do Tinga serão realocadas através de um planejamento conservacionista. Atualmente as estradas se encontram em um sistema ortogonal, localizadas entre talhões retangulares independente do relevo da bacia. Pretende-se então estabelecer estradas em nível, considerando os divisores topográficos e as curvas de nível para sua alocação.

4. Resultados esperados

O projeto propõe um sistema de monitoramento de microbacias pareadas que fornecerá respostas a algumas perguntas relacionadas à produção de água em microbacias ocupadas por plantios de eucalipto. O manejo tradicional do eucalipto com talhões ocupando extensas áreas pode ocasionar mudanças significativas na qualidade e quantidade de água dos córregos presentes na bacia submetida ao manejo principalmente durante as operações de corte e nos primeiros anos de crescimento. A divisão em áreas menores delimitadas a partir de um planejamento em nível de bacia hidrográfica pode trazer benefícios para a manutenção e regularidade dos corpos d'água. Portanto é necessário realizar estudos que determinem qual o manejo adequado para essas áreas, lembrando que por se tratar de uma cultura florestal estas respostas serão alcançadas em longo prazo.

O primeiro ano de monitoramento que ocorrerá parcialmente durante a vigência desse projeto servirá para conhecimento do comportamento das microbacias de acordo com mudanças climáticas (precipitações). A partir do segundo ano de monitoramento será possível verificar a resposta das microbacias às três diferentes intensidades de corte a que serão submetidas. Os anos seguintes permitirão verificar se há diferenças entre os sistemas de manejo tradicional e o manejo em mosaico no regime hidrológico das microbacias de estudo. Ao final do trabalho pretende-se determinar o sistema de manejo mais adequado para a conservação dos recursos hídricos.

5. Cronograma de execução

O cronograma de atividades para o primeiro ano do projeto está descrito na tabela 1.

Tabela 1 – Cronograma de atividades.

Atividades	Bimestres					
	1	2	3	4	5	6
Aquisição de materiais	x	x				
Preparação dos mapas digitais	x					
Instalação dos vertedouros	x	x				
Monitoramento		x	x	x	x	x
Coleta de amostras de água		x	x	x	x	x
Análise das amostras		x	x	x	x	x
Análise estatística dos dados						x
Elaboração de relatórios			x			x

6. Orçamento

O orçamento para a implementação e execução da fase inicial do projeto com os itens a serem financiados e seus valores estimados está descrito na tabela 2.

Tabela 2 – Orçamento dos itens a serem financiados pela SGA e valores estimados.

Descrição	Qtd.	Valor	Total
<i>Serviços de terceiros</i>			
Análise de água	104	R\$ 100,00	R\$ 10.400,00
Construção do vertedouro (material e mão de obra)	2	R\$ 5.000,00	R\$ 10.000,00
<i>Despesas do transporte</i>			
Combustível	1560L	R\$ 2,79	R\$ 4.352,40
<i>Bolsa de estágio</i>			
Bolsa de estágio para 2 alunos de graduação	24	R\$ 644,41	R\$ 15.465,84
Diárias para atividades de campo	52	R\$ 100,00	R\$ 5.200,00
		TOTAL	R\$ 45.418,24

Referências bibliográficas

ALLAN, J.D. Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystem. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, v. 35, p. 257-284, 2004.

ALMEIDA, A.C.; SOARES, J.V.; LANDSBERG, J.J.; REZENDE, G.D. Growth and water balance of *Eucalyptus grandis* hybrid plantations in Brazil during a rotation for pulp production. *Forest Ecology and Management*, v. 251, p. 10-21, 2007.

ANDRADE, T.M.B.; CAMARGO, P.B.; SILVA, D.M.L.; PICCOLO, M.C.; VIEIRA, S.A.; ALVES, L.F.; JOLY, C.A.; MARTINELLI, L.A. Dynamics of dissolved forms of carbon and inorganic nitrogen in small watersheds of the Coastal Atlantic Forest in Southeast Brazil. *Water, Air, & Soil Pollution*, Dordrecht, v. 214, p. 393-408, 2011.

APHA - American Public Health Association. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 14th Edition. 1143 p., 1975.

BALBINOT, R.; OLIVEIRA, N.K.; VANZETTO, S.C.; PEDROSO, K.; VALERIO, A.F. O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas. *Ambiência*, v. 4, n. 1, p. 131-149, 2008.

BIAO, Z.; WENHUA, L.; GAODI, X.; YU, X. Water conservation of forest ecosystem in Beijing and its value. *Ecological Economics*, v. 69, p. 1416-1426, 2010.

BOSH, J.M.; HEWLETT, J.D. A review of catchment to determine the effect of vegetation changed on water yield and evapotranspiration. *Journal of Hydrology*, v. 55, p. 3-23, 1982.

BRAUMAN, K.A.; DAILY, G.C.; DUARTE, T.K.; MOONEY, H.A. The nature and value of ecosystem services: an overview highlighting hydrologic services. *Annual Review of Environment and Resources*, v. 32, p. 67-98, 2007.

BRINKLEY, D.; BURNHAM, H.; ALLEN, H.L. Water quality impacts of forest fertilization with nitrogen and phosphorus. *Forest Ecology and Management*, v. 121, p. 191-213, 1999.

BROWN, A.E.; ZHANG, L.; McMAHON, T.A.; WESTERN, A.W.; VERTESSEY, R.A. A review of paired catchment studies for determining changes in water yield resulting from alterations in vegetation. *Journal of Hydrology*, v. 310, p. 28-61, 2005.

BROWN, A.E.; WESTERN, A.W.; McMAHON, T.A.; ZHANG, L. Impact of forest cover changes on annual streamflow and flow duration curves. *Journal of Hydrology*, v. 483, p. 39-50, 2013.

CALDER, I.R. Forest and Hydrological Services: reconciling public and Science perceptions. *Land Use and Water Resources Research*, v. 2, p. 2.1-2.12, 2002.

CÂMARA, C.D. Efeitos do corte raso do eucalipto sobre o balanço hídrico e a ciclagem de nutrientes em uma microbacia experimental. 1999. 87p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

CUI, X.; LIU, S.; WEI, X. Impacts of forest changes on hydrology: a case study of large watersheds in the upper reaches of Minjiang River watershed in China. *Hydrology and Earth System Sciences*, v. 16, p. 4279-4290, 2012.

DRINAN, T.J.; GRAHAM, C.T.; O’HALLORAN, J.; HARRISON, S.S.C. The impacts of catchment conifer plantation forestry on the hydrochemistry of peatland lakes. *Science of the Total Environment*, v. 443, p. 608-620, 2013.

ESALQ – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. ESALQ Hoje. 2009. Disponível em: <http://www.esalq.usp.br/instituicao/esalq_hoje.html>. Acesso em: 24 maio 2013.

FARLEY, K.A.; JOBBÁGY, E.G.; JACKSON, R.B. Effects of afforestation on water yield: a global synthesis with implications for policy. *Global Change Biology*, v. 11, p. 1565-1576, 2005.

FERRAZ, S.F.B.; LIMA, W.P.; RODRIGUES, C.B. Managing forest plantation landscapes for water conservation. *Forest Ecology and Management*, v. 301, p. 58-66, 2013.

FOLEY, J.A. DeFRIES, R.; ASNER, G.P.; BARFORD, C.; BONAN, G.; CARPENTER, S.R., CHAPIN, F.S.; COE, M.T.; DAILY, G.C.; GIBBS, H.K.; HELKOWSKI, J.H.; HOLLOWAY, T.; HOWARD, E.A.; KUCHARIK, C.J.; MONFREDA, C.; PATZ, J.A.; PRENTICE, I.C.; RAMANKUTTY, N.; SNYDER, P.K. Global consequences of land use. *Science*, v. 309, p. 570-574, 2005.

GILFEDDER, M.; RASSAM, D.W.; STENSON, M.P.; WALKER, G.R.; LITTLEBOY, M. Incorporating land-use changes and surface-groundwater interactions in a simple catchment water yield model. *Environmental Modelling & Software*, v. 38, p. 62-73, 2012.

GREGORY, S.V.; SWANSON, F.J.; McKEE, W.A.; CUMMINS, K.W. An ecosystem perspective of riparian zones. *BioScience*, v. 41, n. 8, p. 540-551, 1991.

HALL, R.L.; CALDER, I.R. Drop size modification by forest canopies – measurements using a disdrometer. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, v.98, p. 18465-18470, 1993.

HAMILTON, L.S.; KING, P.N. Tropical Forested Watersheds. Hydrologic and Soils Response to Major Uses or Conversion. Westview Press, Boulder, Colorado, USA, 168 pp. 1983.

HOPE, M.; BILLET, M.F.; CRESSER, M.S. A review of the export of carbon in river water: fluxes and processes. *Environmental Pollution*, v. 84, p. 301-324, 1994.

HORNBECK, J.W.; ADAMS, M.B.; CORBETT, E.S.; VERRY, E.S., LYNCH, J.A. Long-term impacts of forest treatments on water yield: a summary for northeastern USA. *Journal of Hydrology*, v. 150, p. 323-344, 1993.

JARVIE, H.P.; NEAL, C.; LEACH, D.V.; RYLAND, G.P.; HOUSE, W.A.; ROBSON, A.J. Major ion concentrations and the inorganic carbon chemistry of the Humber rivers. *The Science of the Total Environment*, v. 194/195, p. 285-302, 1997.

JOHNSON, L.B.; RICHARDS, C.; HOST, G.E.; ARTHUR, J.W. Landscape influences on water chemistry in Midwestern stream ecosystems. *Freshwater Biology*, v. 37, p. 193-208, 1997.

LARA, A.; LITTLE, C.; URRUTIA, R.; McPHEE, J.; ÁLVAREZ-GARRETÓN, C.; OYARZÚN, C.; SOTO, D.; DONOSO, P.; NAHUELHUAL, L.; PINO, M.; ARISMENDI, I. Assessment of ecosystem services as an opportunity for the conservation and management of native forests in Chile. *Forest Ecology and Management*, v. 258, p. 415-424, 2009.

LIMA, W.P., 1997. Indicadores hidrológicos do manejo sustentável de plantações de eucalipto. IUFRO Conference on Silviculture and Improvements of Eucalypts. 24-29 de agosto de 1997. Salvador, Bahia.

MALMER, A. Hydrological effects and nutrient losses of forest plantation establishment on tropical rainforest land Sabah, Malaysia. *Journal of Hydrology*, v. 174, p. 129-148, 1996.

NEAL, C.; HOUSE, W.A.; JARVIE, H.P.; NEAL, M.; HILL, L.; WICKHAM, H. The water quality of the River Dun and the Kennet and Avon Canal. *Journal of Hydrology*, v. 330, p. 155-170, 2006.

NEARY, D.G.; ICE, G.G.; JACKSON, C.R. Linkages between forest soils and water quality and quantity. *Forest Ecology and Management*, v. 258, p. 2269-2281, 2009.

QUINN, J.M.; STROUD, M.J. Water quality and sediment and nutrient export from New Zealand hill-land catchments of contrasting land use. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, v. 36, p. 409-429, 2002.

SHVIDENKO, A.; BARBER, C.V.; PERSSON, R. Forest and woodland systems. In: HASSAN R.; SHOLES, R.; AHS, N. (ed.) *Ecosystems and human well-being: current state and trends*. Volume 1. Washington, DC, USA: Island Press. p. 585- 621. 2005.

STEDNICK, J.D. Monitoring the effects of timber harvest on annual water yield. *Journal of Hydrology*, v. 176, p. 79-95, 1996.

STOATE, C.; BOATMAN, N.D.; BORALHO, R.J.; CARVALHO, C.R.; SNOO, G.R.; EDEN, P. Ecological impacts of arable intensification in Europe. *Journal of Environmental Management*, v. 63, p. 337-365, 2001.

STUDINSKI, J.M.; HARTMAN, K.J.; NILES, J.M.; KEYSER, P. The effects of riparian forest disturbance on stream temperature, sedimentation, and morphology. *Hydrobiologia*, v. 686, p. 107-117, 2012.

SWANK, W.T.; JOHNSON, C.E. Small catchment research in the evaluation and development of forest management practices. *Biogeochemistry of Small Catchments: a tool for environmental research*. Moldan & Cerny (Eds.). John Wiley, Chichester, p.383- 408, 1994.

SWANK, W.T.; VOSE, J.M.; ELLIOTT, K.J. Long-term hydrologic and water quality responses following commercial clearcutting of mixed hardwoods on a southern Appalachian catchment. *Forest Ecology and Management*, v. 143, p. 163-178, 2001.

VAN DIJK, A.I.J.M.; KEENAN, R.J. Planted forests and water in perspective. *Forest Ecology and Management*, v. 251, p. 1-9, 2007.

WATSON, F.; VERTESSEY, R.; McMAHON, T.; RHODES, B.; WATSON, I. Improved methods to assess water yield changes from paired-catchment studies: application to the Maroondah catchments. *Forest Ecology and Management*, v. 143, p. 189-204, 2001.

ZHANG, L.; DAWES, W.R.; WALKER, G.R. Response of mean annual evapotranspiration to vegetation changes at catchment scale. *Water Resources Research*, v. 37, p. 701-708, 2001

ZHANG, L.; ZHAO, F.F.; BROWN, A.E. Predicting effects of plantation expansion on stream flow regime for catchments in Australia. *Hydrology and Earth System Sciences*, v. 16, p. 2109-2121, 2012.