

Florestamento compensatório com vistas à retenção de água no solo da bacia hidrográfica do Ribeirão Itaim, Taubaté, SP

Caio Rodrigues Júnior¹
Marcelo dos Santos Targa²
Getulio Teixeira Batista²
Nelson Wellausen Dias²

¹Aluno de Agronomia, Departamento de Ciências Agrárias – UNITAU - Bolsista PIBIC/CNPq
Estrada Mun. Dr. José Luiz Cembranelli, 5.000- 12080-010 - Taubaté - SP, Brasil
caiopedraalta@ig.com.br

² Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – UNITAU
Estrada Mun. Dr. José Luiz Cembranelli, 5.000- 12080-010 - Taubaté - SP, Brasil
{mtarga, getulio, nelson}@agro.unitau.br

Abstract

The objective of this work was to quantify the area of compensatory forestation (AFC) for the retention of water in the soil in the Itaim Stream watershed, in Taubaté, SP. The estimations were based on the Compensatory Forestation for Water Retention in Small Watersheds (FCRAM) methodology that takes into consideration the following parameters: 1) the international percentage of water that has to infiltrate into the soil equal to 20.55%; 2) land cover and use classes; 3) soil permeability; and 4) mean annual precipitation. Ribeirão Itaim's watershed has an area of 5,770 ha. The results showed that the compensatory reforestation to guarantee the annual volume of water loss equal to 5,79 million m³ should contemplate an reforestation area of 433,9 ha, equivalent to 7.5% of the watershed area. That reforestation should preferably be done in permanent preservation areas or in areas located for legal reserves.

Palavras-chave: permeabilidade, florestamento compensatório, uso e ocupação.

1. Introdução

A bacia do Ribeirão Itaim sofreu, nos últimos anos, um aumento significativo da ocupação urbana e predomínio das pastagens em sua paisagem, refletindo em diminuição da infiltabilidade da água e no aumento do escoamento superficial (AGUIAR, 2005).

O gerenciamento dos recursos hídricos em bacias hidrográficas é indispensável para o adequado manejo e conservação dos recursos naturais sem perder o sistema produtivo da bacia. Para a realização do manejo integrado das bacias hidrográficas é necessário elaborar diagnósticos que possibilitem a quantificação da infiltração e retenção das águas pluviais na bacia para a recuperação e manutenção das características hídricas dos mananciais. A infiltração de água no solo consiste no processo de penetração vertical da água por meio da superfície do solo. O conhecimento de sua taxa de infiltração é importante para a definição das técnicas de conservação do solo, do planejamento de sistemas de irrigação e drenagem, bem como da capacidade da bacia reter a água e manter as nascentes.

Por outro lado, estudos sobre a dinâmica de uso e ocupação do solo em bacias

hidrográficas exigem a compreensão dos diversos impactos provocados pela ação antrópica e das estratégias adequadas para a conservação dos recursos naturais nessas áreas.

Centurion et al. (2001) afirmam que a alteração de ecossistemas naturais acontece devido à implementação de atividades voltadas para fins industriais ou de produção de alimentos, o que quase sempre provoca o uso e manejo inadequado dos solos. Assim, a retirada da cobertura vegetal original e sua substituição por culturas propiciam o rompimento do equilíbrio entre o solo e o meio, interferindo nas condições químicas, físicas e biológicas, o que acentua os efeitos erosivos nessas áreas.

Os principais impactos ocasionados por modificações no uso e na cobertura do solo em bacias hidrográficas são: a redução da capacidade de infiltração, o aumento do escoamento superficial e erosão, a sedimentação dos cursos d'água, a diminuição da profundidade dos cursos d'água e, conseqüentemente, o aumento na ocorrência de cheias e inundações (Grove et al., 1998).

A obtenção de dados de campo, como medições de infiltração de água em diferentes tipos de solo e respectivos usos e ocupação, permite estimar a área de cobertura florestal necessária para compensar as perdas de água por escoamento superficial dentro da bacia hidrográfica.

As áreas com floresta natural se constituem na principal forma de abastecimento de água para o lençol freático em uma bacia hidrográfica, pois conforme Bertoni e Lombardi Neto (1990), a cobertura vegetal é a defesa natural de um terreno. Seu efeito consiste na dispersão da água de chuva, interceptando-a e evaporando-a antes que atinja o solo, na proteção do solo contra o impacto das gotas de chuvas, no melhoramento da estrutura do solo e na diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada pelo aumento do atrito da superfície. Com base nestes aspectos Garcia et al. (2001) propuseram a metodologia de florestamentos compensatórios para retenção de água em microbacias (FCRAM) que possibilita determinar valores de perdas de água e a respectiva área de florestamento compensatório (AFC).

O objetivo desse trabalho foi quantificar a área de florestamento compensatório (AFC) para a retenção de água no solo na bacia hidrográfica do ribeirão Itaim, em Taubaté, SP.

2. Material e Método

O presente trabalho foi realizado na bacia hidrográfica do ribeirão Itaim no município de Taubaté, no Vale do Paraíba, Estado de São Paulo (Figura 1). O ribeirão Itaim tem sua nascente nas coordenadas W 45°36'28" e S 23°09'46", com sua localização próxima à divisa de Taubaté, com os municípios de Caçapava e Redenção da Serra e sua foz, nas coordenadas W 45°30'23" e S 23°01'28", com boa parte de sua área situada no interior da Fazenda Piloto do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade de Taubaté.

O solo da área de estudo é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo textura areno-argilosa (EMBRAPA, 1997); o relevo é ondulado e, a altitude média é de 580 metros.

O clima da região é CWA, segundo a classificação de Köppen e caracteriza-se por ser quente e úmido no verão e frio e seco no inverno. A fórmula climática de Taubaté utilizando a classificação de Thornthwaite é B1rB3'a', que representa clima úmido com pequena ou nula deficiência de água, mesotérmico, com evapotranspiração potencial anual de 964 mm e concentração de evapotranspiração potencial no verão de 33% (FISCH, 1999).

A permeabilidade do solo foi avaliada em três tipos de cobertura vegetal (floresta, pastagem e eucalipto) por meio de testes de infiltração pela metodologia do Infiltrômetro de Anéis Concêntricos (IANC) conforme descrita em BERNARDO (1982), sendo realizados 5 testes de infiltração de água em cada tipo de cobertura vegetal e utilizado o valor médio (Figura 2).

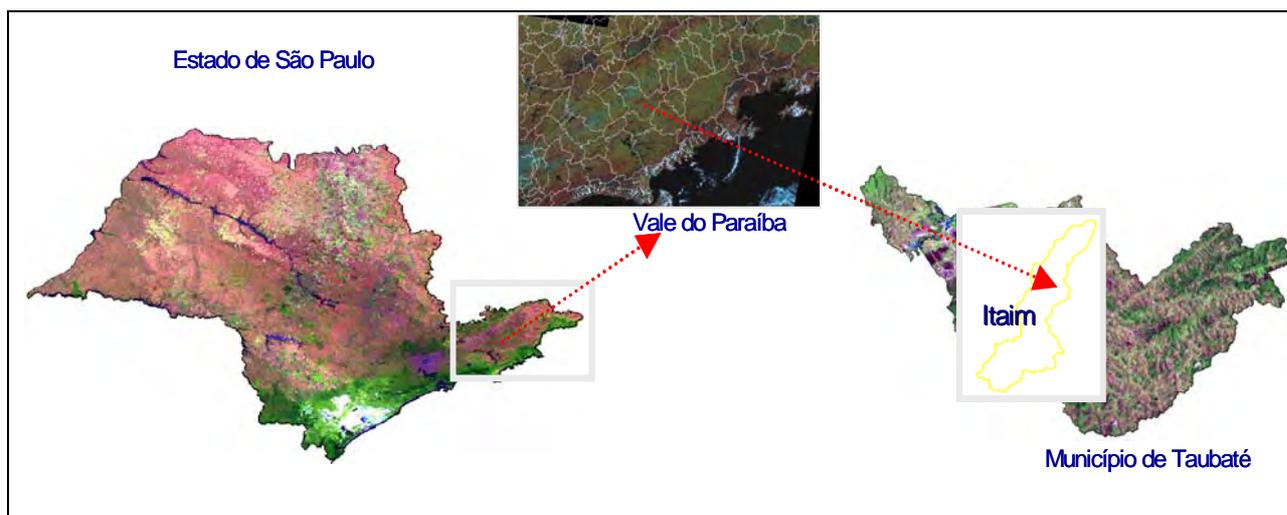


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do Ribeirão Itaim.
Fonte: adaptado de Batista et al. (2005).



Figura 2. Localização dos pontos de medição (em vermelho) da velocidade de infiltração em diferentes coberturas (floresta, eucalipto e pastagem) na bacia do Ribeirão Itaim.

Para estimar a retenção de água no solo da bacia hidrográfica do ribeirão Itaim e a área a ser florestada para compensar as perdas de água por excesso, foi aplicada a metodologia de florestamentos compensatórios para retenção de água em microbacias (FCRAM) proposta por Garcia et al. (2001).

Para calcular o volume de água precipitado destinado à infiltração no solo da bacia, foram considerados: 1) o total médio anual de precipitação (1335 mm) para Taubaté no período de 1982 a 1992, determinado por meio de balanço hídrico climatológico (Fisch, 1995) com dados da Estação Agrometeorológica da Fazenda Piloto da Universidade de Taubaté (UNITAU); 2) o percentual internacional da água do ciclo hidrológico de 20,55% destinado a infiltrar no solo (BLOOM, 1970 e ODUM, 1988).

Para o cálculo do volume de água perdido (parte dos 20,55% que deveria infiltrar) e das áreas a reflorestar para compensar esta perda na bacia, utilizou-se como área total o somatório das coberturas vegetais que ocorrem na bacia: floresta, pastagem e eucalipto (Tabela 2), obtidos de Batista et al.(2005).

Tabela 1. Classes de permeabilidade do solo à água.

Classe	Permeabilidade (mm/h ¹)
Rápida	> 254
Moderada a rápida	254 – 127
Moderada	127 – 63,5
Lenta a moderada	63,5 – 20
Lenta	20 – 5
Muito Lenta	< 5

Fonte: Soil Survey Staff (1993).

O solo com cobertura florestal nativa, dentre as demais coberturas consideradas, possui maior velocidade de infiltração básica, e, portanto, esta perda foi considerada padrão. Os valores referentes às perdas em excesso, estão relacionados às áreas de pastagem e de eucalipto e foram obtidos pela subtração do valor percentual de suas perdas equivalentes à condição de cobertura florestal (considerada perda padrão). Com estes valores, foram determinadas as áreas a serem reflorestadas para equilibrar as perdas de água por excesso.

As horas de precipitação na floresta em um ano (HPF) são obtidas pela Equação 1.

$$HPF = \frac{P}{VI} \dots\dots\dots(Equação 1)$$

onde:

HPF = horas de precipitação na floresta em um ano (h/ano)

P = precipitação média anual (mm/ano)

VI = Velocidade de Infiltração média horária do solo com cobertura de floresta (mm/h)

O volume de precipitação que infiltra na floresta em uma hora em um hectare (PIF) foi obtido pela Equação 2.

$$PIF = VI * a \dots\dots\dots(Equação 2)$$

onde:

PIF = Precipitação que infiltra na floresta em uma hora em um hectare (m³/h/ha)

VI = Velocidade de Infiltração média horária do solo com cobertura de floresta (m/h)

a = Área de 1 hectare (m²)

O volume de água de precipitação que infiltra na floresta em um hectare em um ano (VIF) é obtido pela Equação 3.

$$VIF = HPF * PIF \dots\dots\dots(Equação 3)$$

Tabela 2. Ocorrência e distribuição dos principais uso e cobertura do solo na bacia do Ribeirão Itaim.

Uso e ocupação do solo	Área (ha)	% parcial	% Acumulada
Pastagem	2.579	52,58	52,58
Floresta	2.314	47,18	99,76
Eucalipto	12	0,24	100,00
Total	4.905	100,00	

Fonte: Adaptado de Batista et al. (2005).

3. Resultados e Discussão

Os resultados médios de permeabilidade dos solos na bacia hidrográfica do Ribeirão do Itaim encontram-se na Tabela 3, onde se observa que as coberturas de solo que apresentaram maior infiltração foram pela ordem: Floresta (417 mm/h), Eucalipto (52 mm/h) e pastagem (19 mm/h). Estes resultados de infiltração indicam que a permeabilidade é rápida na floresta, moderada no eucalipto e lenta na pastagem conforme o Soil Survey Staff (1993).

Considerando a precipitação de 1.335 mm/ano (Fisch, 1995) e a área total da bacia de 4.905 ha (Tabela 2), o volume de água precipitado sobre a mesma totaliza 65.481.750 m³/ano e, portanto, o volume que deveria infiltrar 20,55% ODUM (1988), corresponde a 13.456.499,63 m³/ano.

Na Tabela 3, dentre os três usos do solo considerados (floresta, pastagem e eucalipto), o solo na condição de floresta é o que possui maior velocidade de infiltração básica e menor percentual perdido (14,55%) do volume destinado à infiltração. Considerando esta cobertura como a de perda padrão (limite mínimo de perda de água a infiltrar), a perda de água em excesso nas áreas de floresta é considerada nula. As perdas em excesso nas áreas de pastagem e eucalipto são obtidas subtraindo as respectivas perdas do padrão 14,55%. Na Tabela 3, o valor obtido para a perda em excesso na área de pastagem é 81,56% que difere em torno de 20% do valor (61% para pastagem) encontrados por Borges et al. (2005) para a região de Jaboticabal, que essencialmente se deve às características de velocidade de infiltração solo daquela região 8,99 mm/h e 19 mm/h na bacia hidrográfica do ribeirão Itaim, em Taubaté, SP.

Tabela 3. Volumes percentuais das perdas e das perdas em excesso da água precipitada que deveria infiltrar no solo da bacia hidrográfica do Ribeirão Itaim, Taubaté, SP.

Uso e ocupação do solo	Infiltração média		% dos volumes destinados a infiltração		
	mm/h	%	Perdido	Perdido padrão	Perda em Excesso
Floresta	417	85,45	14,55	14,55	0,00
Pastagem	19	3,89	96,11	14,55	81,56
Eucalipto	52	10,66	89,34	14,55	74,80
Total	488	100,00			

Uma proposta para reter mais água na bacia hidrográfica é aumentar a infiltração da água no solo e diminuir as perdas por escoamento superficial, o que pode ser alcançado pela substituição das coberturas das áreas de baixa permeabilidade como as pastagens e agricultura por coberturas de maior permeabilidade como a floresta.

Observa-se na Tabela 4 que do volume total de 13,46 milhões de m³ de água de precipitação que deveria infiltrar nas coberturas floresta, eucalipto e pastagem (Vai), 1,958 milhões de m³ correspondem ao volume perdido padrão em floresta (14,55% de Vai). O volume total perdido em excesso (por escoamento) é de 5,79 milhões de m³, é nessa metodologia (FCRAM) considerado nulo em floresta, de 5,77 milhões de m³ em pastagem e de 0,02 milhões de m³ em eucalipto. O resultado muito menor obtido para eucalipto em relação à pastagem se deve principalmente ao fato de haver somente 12 ha de eucalipto na bacia do Itaim contra 2.579 ha de pastagens, pois conforme a Tabela 3 os percentuais de perdas em excesso dos dois tipos de cobertura são relativamente próximos.

Tabela 4. Volumes (V) anuais de água destinados à infiltração, perdidos padrão, em excesso e infiltrado efetivamente na bacia hidrográfica do Ribeirão Itaim, em Taubaté, SP.

Uso e ocupação do solo	Volume a infiltrar Vai	Volume perdido padrão Vpp	Volume perdido excesso Vpe	Volume infiltrado Vi (Vai - Vpp - Vpe)
	Milhões de m ³			
Floresta	6,35	0,924	0,00	5,425
Pastagem	7,08	1,029	5,77	0,275
Eucalipto	0,03	0,005	0,02	0,004
Total	13,46	1,958	5,79	5,699

Aplicando as equações da metodologia FCRAM, obtém-se para a precipitação na floresta por ano (HPF) o valor de 3,2 h/ano e para a precipitação que infiltra na floresta em uma hora em um hectare (PIF) o valor de 4.170 m³/h/ha e desse modo, o volume de água de precipitação que infiltra na floresta em um hectare em um ano (VIF) obtido é 13.344 m³/ha/ano.

A área a ser reflorestada para compensar as perdas em excesso (AFC) é obtida pela divisão do volume total perdido em excesso (por escoamento) 5,79 milhões de m³ (Tabela 4) pelo volume de água de precipitação que infiltra na floresta em um hectare em um ano (VIF) que foi estimado em 13.344 m³/ha/ano. Neste caso chega-se a área de 433,9 ha que deve ser reflorestada na bacia do Itaim para compensar as perdas por escoamento superficial nas áreas de pastagem e eucalipto, o que representa aproximadamente 7,5% da área da bacia. Percentualmente na região de Jaboticabal no estado de São Paulo, Borges et al. (2005) obtiveram valores da ordem de 8,9% e recomendam que esses florestamentos compensatórios devem ser feitos em áreas de preservação permanente ou de reserva legal, conforme previsto na Lei 4771/65 (código florestal brasileiro).

4. Conclusão

As perdas em excesso na bacia do ribeirão Itaim atingem 5,79 milhões de m³ que para serem compensadas requer reflorestar uma área de 433,9 ha com vegetação florestal nativa.

5. Referências bibliográficas

- AGUIAR, L.S.G.; TARGA, M. S.; BATISTA, G.T. Estimativa do Escoamento Superficial na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Itaim pelo Método Curva-Número, a partir de dados de Infiltração obtidos no Campo. In: VI Mostra de Pós-Graduação, 2005, Taubaté. X Encontro de Iniciação Científica e VI Mostra de Pós-Graduação da Universidade de Taubaté, programa e resumos. Taubaté - SP: PRPPG - UNITAU, 2005. v. 1. p. 285-285.
- BATISTA, G. T.; TARGA, M. dos SANTOS; CATELANI, C. S.; DIAS, N. W. Modelo de banco de dados ambientais georreferenciados voltado à recuperação e preservação de recursos hídricos de uma bacia de médio porte, o modelo da bacia do Rio Una, Paraíba do Sul, SP (P. 1-16). In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (XVI SBRH), 2005, João Pessoa. Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2005. v. 1. p. 1-16.
- BERNARDO, S. Manual de Irrigação. 2ª. Ed. Imprensa Universitária – UFV, Viçosa – MG.: 1982, 463p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO F. Conservação do solo. 1. ed. Piracicaba: Livrocere, 1985, 392p.
- BLOOM, A.L. **Superfície da terra**. São Paulo: Edgard Blücher, 1970. 184p.
- BORGES, M.J.; PISSARRA, T.C.T.; VALERI, S.V.; OKUMURA, E.M. Reflorestamento compensatório com vistas à retenção de água no solo da bacia hidrográfica do Córrego Palmital, Jaboticabal, SP. **Scientia Forestalis**. n. 69, p.93-103, dez. 2005.
- BRASIL. Decreto-lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Novo Código Florestal Brasileiro e dá outras providências. Diário Oficial da União (DOU) de 16 de setembro de 1965. Brasília, DF. 1965.
- CENTURION, F.J.; CARDOSO J.P.; NATALI, W. Efeitos de formas de manejo em algumas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho em diferentes agroecossistemas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.5, n.2, p.254-258. 2001.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço nacional de levantamento e conservação dos solos. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: Ministério da Agricultura, 1997. 212 p.
- FISCH, G. Caracterização climática e balanço hídrico de Taubaté (SP). **Revista Biociências, Taubaté**, v. 1, n. 1, p.81-90, jul-dez. 1995.
- FISCH, G. Distribuição da Precipitação em Taubaté, Vale do Paraíba (SP). **Revista Biociências, Taubaté**, v. 5, n. 2, p.7-11, jul-dez. 1999.
- GARCIA, S.M. *et al.* Metodologia para retenção de água em microbacias hidrográficas: estudo de caso. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2001**, Aracaju. **Anais...** Aracaju, 2001. CD-ROM.
- GROVE, M.; HARBOR, J.; ENGEL, B. Composite vs. Distributed Curve Numbers: Effects on estimates of storm runoff depth. **Journal of the American Water Resources Association**. v. 34, n. 5, p. 1015-1023, 1998.
- ODUM, P.E. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Koogan, 1988. 434p.
- SOIL SURVEY STAFF. **Soil survey manual**. Washington: United States Government Print Office, (Handbook 18).1993. 437p.