

Relação entre cobertura florestal e resposta hidrológica de uma bacia hidrográfica

André Quintão de Almeida ¹
Aristides Ribeiro ¹
Yhasmin Gabriel Paiva ¹
Carlos Alberto Martinelli de Souza ²

¹ Universidade federal de Viçosa – DEA/UFV
36570-000 Viçosa - MG, Brasil
{andre.almeida, ribeiro}@ufv.br, yhasminp@hotmail.com

² Universidade Federal de São Carlos - UFSCar
Cep - 18052-780 - Sorocaba - SP, Brasil
camartinelli@ufscar.br

Abstract. Nowadays people still search to understand what the real relationship is between forest cover and water quantity produced in a watershed. Studies show different results on the discharge behavior (m^3/s) after a certain forest event, whether increasing or decreasing water flow value. Thus, total forest (km^2) and average hydrologic response of a watershed were analyzed aiming to find a possible relationship between them. This study took place at the Galo Stream Watershed, Espírito Santo State, Brazil. Forest cover values were quantified for 6 different dates from Landsat images. Average water discharge (m^3/s) were calculated annually, making up all together a 26-year-series record. The series of average hydrologic response was calculated through the relation between annual average flow and annual total precipitation at the watershed. A linear regression between the forest values and hydrologic response was calculated. The coefficient of determination found was 0.63, showing that 63% of the data may be explained. One may conclude that there is indeed a relationship between forest cover and average water flow at the watershed analyzed.

Palavras-chave: remote sensing, discharge, hydroclimatology, sensoriamento remoto, vazão, hidroclimatologia.

1. Introdução

Vários são os estudos que buscam entender quais são os mecanismos reguladores do clima e como o modelo de exploração adotado pelo homem influencia no mesmo. Ainda hoje, muitas são as incertezas sobre a influência das atividades antrópicas sobre o ciclo hidrológico.

A retirada da vegetação e posterior conversão do uso da terra pelo Homem constituem os maiores agentes modificadores da cobertura da terra e desencadeia uma série de alterações significativas no meio físico e no ciclo da água. O regime hídrico é diretamente afetado pela situação, dinâmica e manejo da vegetação, que podem contribuir tanto para sua manutenção e circulação ou para sua indisponibilidade no planeta (Vieira, 2000).

Vários estudos têm demonstrado a relação entre a vegetação e o ciclo hidrológico (Cheng, 1989; Wright et al., 1990; Cornish, 1993; Gustard e Wesselink, 1993; Hornbeck et al., 1993). Nesses estudos, a análise anterior e posterior a um determinado evento florestal, como corte raso, desbaste e reflorestamento, mostram como a vegetação arbórea influencia à produção e a qualidade de água, o processo de erosão e a proteção dos mananciais. A retirada da vegetação acarreta uma série de alterações no meio físico, sendo uma delas a diminuição nas taxas fotossintéticas e de evapotranspiração, esta última podendo modificar as taxas de precipitação, se ocorridas em larga escala (Jayasuriya et al., 1993; Stoneman, 1993). Mudanças no regime de precipitação têm reflexo no regime de vazões, alterando a resposta hidrológica de uma bacia.

Resposta hidrológica é a produção de água de uma bacia, obtida pela razão entre a vazão e a precipitação (Hewlett, 1982). Entendendo a relação entre resposta hidrológica e

desflorestamento, compreenderíamos quais são as conseqüências da dinâmica de uso da terra na dinâmica do ciclo hidrológico (Linhares, 2005).

Nesse bojo, adquire relevância a investigação da hipótese segundo o qual há uma relação modelável entre a quantidade de cobertura vegetal e a resposta hidrológica de uma bacia hidrográfica.

2. Metodologia de trabalho

A bacia hidrográfica do córrego do Galo (Figura 1) tem área de 973 Km². O clima da região é Brando Úmido (Cwa, segundo Köppen), com inverno seco, onde a temperatura no mês mais quente não ultrapassa 22°C e no mês mais frio é inferior a 18°C (Thorntwaite, 1955). A precipitação média anual na bacia é bastante variável. Nas cabeceiras, é da ordem de 1.600 – 1.700 mm e na parte central, oscila entre 1.500 – 1.300 mm (Habtec, 1997).

A geologia da bacia está representada por rochas com idades variando desde o Pré-Cambriano até o Terciário-Quaternário / Recente, havendo grandes lacunas estratigráficas do Paleozóico ao Mesozóico (Radambrasil, 1981). O relevo é fortemente ondulado. Os solos das encostas possuem, muitas vezes, um teor elevado de matéria orgânica (cor escura quando úmidos), cuja decomposição é desestimulada pela baixa temperatura do ambiente e, principalmente, pela fertilidade: são os Latossolos Húmicos (Radambrasil, 1981).

A bacia do córrego do Galo se insere no bioma da Mata Atlântica. O mapa de vegetação na escala de 1:1.000.000 do projeto RADAM (Uruahy et al. 1983), indica que a bacia abrange parcelas das regiões fitoecológicas originais Floresta Ombrófila Densa e Aberta.



Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do córrego do Galo. Localização da capital do ES, Vitória.

Os dados de cobertura vegetal arbórea da foram calculados a partir de imagens orbitais dos sensores MSS/Landsat TM/Landsat. As imagens analisadas compreenderam os anos de 1980, 1987, 1992, 1996 e 2005, totalizando seis (6) observações.

Na fase de pré-processamento das imagens digitais, suas bandas espectrais foram registradas pelo algoritmo de vizinho mais próximo com relação ao mosaico ortorretificado de imagens TM/Landsat, um produto da National Aeronautics and Space Administration (NASA), disponível na Internet (NASA, 2002). Este mosaico recobre todo o globo terrestre e foi elaborado a partir de imagens TM / Landsat do ano de 1990 (± 3 anos). Está disponível nas bandas 7(R) 4(G) 2(B), com resolução espacial de 28,5 metros e na projeção/datum UTM/WGS 84. Detalhes da importação e da manipulação do mosaico dentro do ambiente SPRING podem ser vistos em Silva e Valeriano (2003).

Após o registro, a quantificação de cobertura florestal (km²) foi obtida pela classificação visual com digitalização em tela a partir de diferentes composições de cores das

bandas espectrais da imagem. Apenas duas classes de uso do solo foram definidas para a bacia, floresta (F) e não floresta (NF). A primeira (F) inclui toda e qualquer cobertura vegetal arbórea e a segunda (NF) a área desmatada (agricultura, solo exposto, área urbana).

As informações hidrológicas (precipitação e vazão) utilizadas no estudo são provenientes do Sistema de Informações Hidrológicas, “Hidroweb” da Agência Nacional de Águas (ANA) (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2006). Foram analisados dados de três postos de monitoramento hidrológico pertencentes à área de drenagem da bacia, estação córrego do Galo, São Rafael e Perobinha. Do primeiro posto citado foram utilizados os dados de vazão e dos demais os valores de precipitação. Foram utilizadas séries históricas de vazão (m^3/s) média e de precipitação (mm) total mensal, perfazendo um total de 26 anos, 1980 a 2005.

Para preenchimento das falhas dos dados de precipitação, foi utilizado o recurso de média móvel entre oito vizinhos. Após preenchimento das falhas em ambas as séries mensais de precipitação (São Rafael e Perobinha), a média entre essas foi calculada, gerando assim, uma série mensal média de precipitação para a bacia. Os dados de vazão mensal média não se apresentavam falhos.

A resposta hidrológica anual (RH) da bacia foi calculada pela razão entre a vazão média anual (m^3/s) e o total anual precipitado (mm). Essa normalização elimina variações de vazão devidas a flutuações na dinâmica de precipitação.

3. Resultados e Discussão

A área dos remanescentes florestais (F) para cada ano analisado é mostrada na Figura 2. Temporalmente, para a bacia em análise, a variação no total desflorestado apresentou uma curva característica em formato de “U”. Os maiores valores de cobertura florestal são encontrados no início e final da série analisada.

O padrão encontrado pode estar relacionado com dois possíveis fatores: primeiramente com a falta de fiscalização por parte dos órgãos ambientais, fazendo com que o total desmatado seja maior no início dos anos 80 e diminua na segunda metade dos anos 90, década onde a fiscalização passou a ser mais rigorosa. Outro fator importante foram os incentivos por parte do governo e de algumas empresas privadas aos plantios de espécies florestais (Eucaliptos e Pinnus) em meados da década de 90. Nessa época foi criado o Programa de Extensão Florestal de iniciativa do Governo do Estado que teve como objetivo principal promover a ocupação de áreas marginais, nas pequenas e médias propriedades de todo o Estado do Espírito Santo com plantios de espécies florestais.

As variáveis hidrológicas analisadas são mostradas na Figura 3. Os valores de precipitação (Figura 3, a) calculados para a bacia apresentou um valor médio de 1216,40 mm anuais. O ano com menor precipitação (783,10 mm) foi o de 1993 e o de maior precipitação (1583,20 mm) foi o de 1987. Nenhuma tendência foi observada. Percebe-se também um comportamento aleatório nos valores precipitado, oscilando ora acima ora abaixo da média.

Os valores de vazão média anual são mostrados na Figura 3, b. A média fluviométrica encontrada foi de aproximadamente 13,20 m^3/s anuais. Percebe-se, como nos dados de precipitação, um comportamento aleatório nos dados de vazão. Nenhuma tendência nos valores foi encontrada. O ano com maior descarga foi o de 1985. O menor valor de vazão foi registrada no ano de 1990, com 8,02 m^3/s .

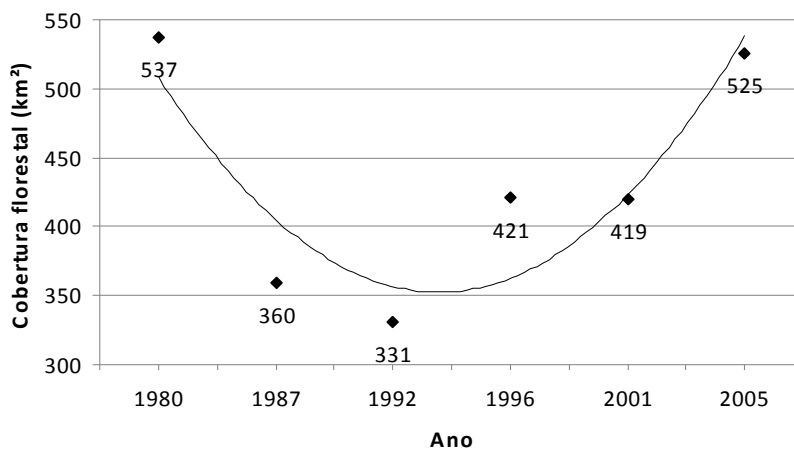


Figura 2 – Cobertura florestal (F) ao longo dos seis anos analisados para a bacia hidrográfica do córrego do Galo.

Os valores de vazão média acompanharam os valores totais anuais de precipitação, calculados pela média entre os totais precipitados entre os dois postos pluviométricos da bacia, estação São Rafael e Perobinha. A correlação entre ambos pode ser visualizada na Figura 3.

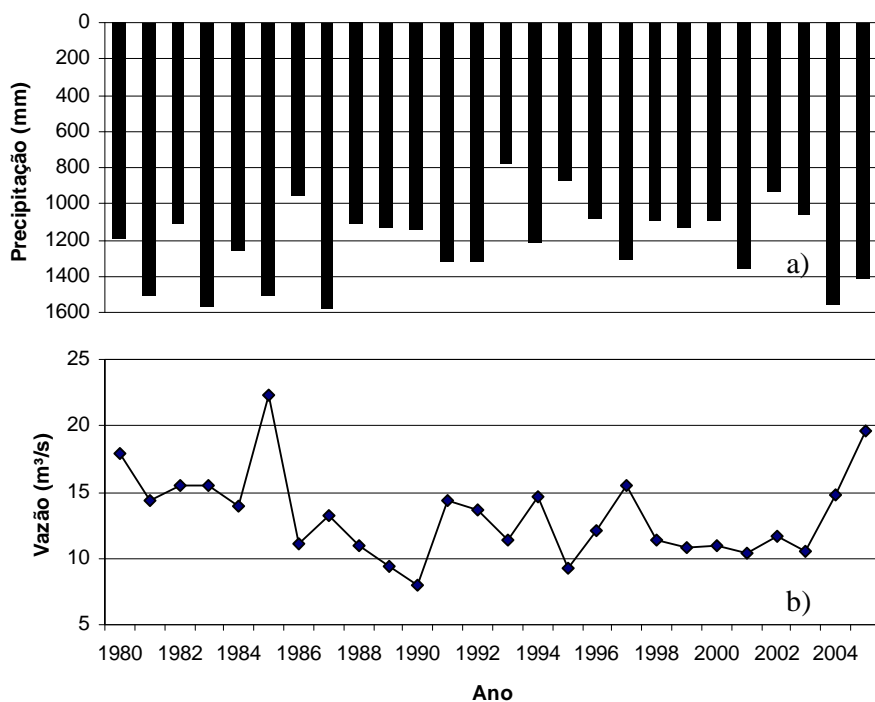


Figura 3 – Variáveis hidrológicas utilizadas na análise da bacia hidrográfica do córrego do Galo: (a) total anual precipitado (mm); (b) média anual da vazão média (m³/s).

A resposta hidrológica anual apresentou um comportamento aleatório (Figura 4) ao longo dos anos. A não ocorrência de tendência é evidente. O maior e menor valor de RH foram 0,17 e 0,08 para os anos de 1980 e 1990 respectivamente.

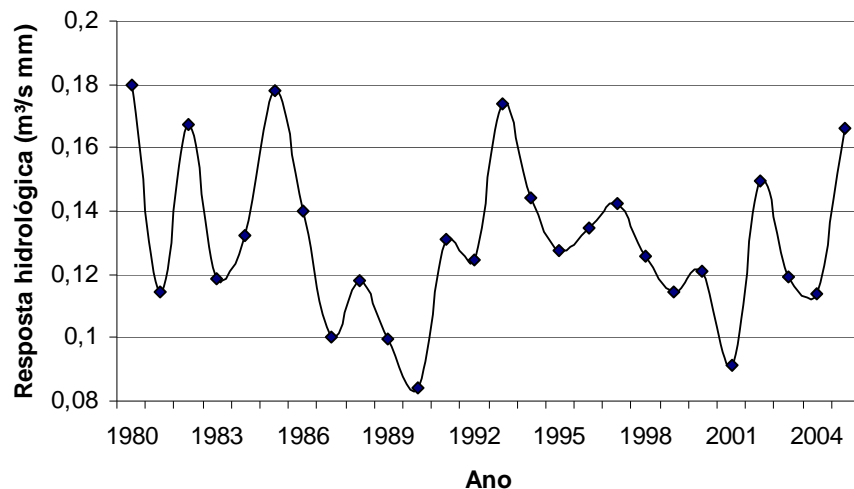


Figura 4 – Resposta hidrológica média anual para a bacia hidrográfica do córrego do Galo.

A correlação entre F e RH é mostrada na Figura 5. Nota-se que para a bacia em questão uma forte correlação positiva entre essas duas variáveis. O valor de r encontrado foi de 0,79, mostrando que a descarga média, aqui representada pela RH, sofre influência direta do total de floresta. Além dos diferentes usos do solo, sabe-se também que o tipo de vegetação relaciona-se com o total de água produzido. Outra questão importante na questão da quantidade de água produzido por uma determinada área são as características físicas do local.

O resultado encontrado difere do apresentado por Hewlett (1982), onde foi mostrado que a resposta hidrológica é controlada principalmente pela geologia e menos pelo uso da terra, em especial em bacias grandes.

3. Conclusões

Pode-se concluir que para os anos analisados dentro do contexto da bacia hidrográfica do córrego do Galo, existe uma forte correlação entre a resposta hidrológica e o total de floresta.

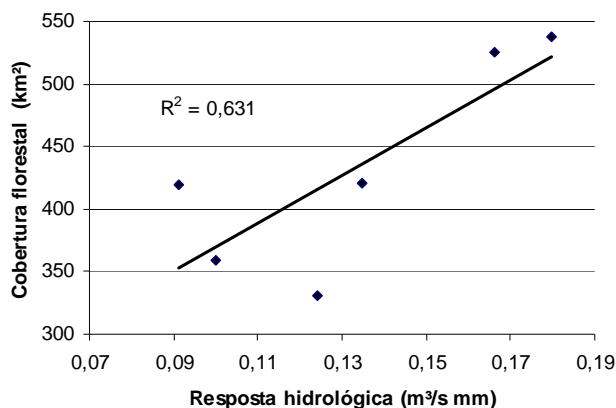


Figura 5 – relação entre resposta hidrológica média anual (RH) e floresta (F) para a bacia hidrográfica do córrego do Galo.

4.Referências Bibliográficas

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. DNPH. Projeto RADAMBRASIL: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1981. 740p. (Levantamento dos recursos naturais, 23).

Cheng, J.D. Streamflow changes after clear-cut logging of a Pine beetle-infested watershed in Southern British Columbia, Canada. **Water Resources Research**, v. 25, p. 449-456, 1989.

Cornish, P.M. The effects of logging and forest regeneration on water yields in a moist eucalypt forest in New South Wales, Australia. **Journal of Hydrology**, v. 150, p. 301-322, 1993.

Gustard, A.; Wesselink, A.J. Impact of land-use change on water resources: Balquhider catchments. **Journal of Hydrology**, v. 145, p. 389-401, 1993.

HABTEC – Engenharia Sanitária Ambiental. **Diagnóstico e Plano Diretor das Bacia Hidrográficas dos Rios Santa Maria da Vitória e Jucu**, Vitória, 1997.

Hewlett, J.D. & A.R. Hibbert. **Factors affecting the response of small watersheds to precipitation** in humid areas. International Symposium on Forest Hydrology. Pergamon Press. p. 275-290, 1967.

Hewlett, J.D., 1982. **Principles of Forest Hydrology**. The University of Georgia Press. 183 p.

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, n. 2-4, p. 323-344, 1993.

Jayasuriya, M.D.A.; Dunn, G.; Benyon, R.; O'shaughnessy, P.J. Some factors affecting water yield from mountain ash (*Eucalyptus regnans*) dominated forests in south-east Australia. **Journal of Hydrology**, v. 150, n. 2-4, p. 345-367, 1993.

Linhares, C. A. **Influência do desflorestamento na dinâmica da resposta hidrológica na baía do Rio Ji-Paraná/RO**. São José dos Campos. Tese de doutorado em Sensoriamento Remoto, 217 p. 2005

National Aeronautics and Space Administration (NASA). ESAD - MrSid Image Server. Disponível em: <http://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid>. Acesso em: 10 ago. 2002.

Stoneman, G.L. Hydrological response to thinning a small jarrah (*Eucalyptus marginata*) forest catchment. **Journal of Hydrology**, v. 150, n. 2-4, p. 393-407, 1993.

Thornthwaite, C.W.; Mather, J.R. **The water balance**. New Jersey: Laboratory of Climatology, 1955. 125p.

Ururahy, J.C.C.; Collares, J.E.R.; Messias S. M.; Barreto, R.A.A. **Vegetação**: as regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos _ estudo fitogeográfico. In: Brasil, Ministério das Minas e Energia, Secretaria Geral. In: Projeto RadamBrasil, Levantamento de Recursos Naturais, vol.32, 1983. Rio de Janeiro: Vitória. Brasília, DF.

Vieira, C.P. Alterações na cobertura vegetal: interferência nos recursos hídricos. **Silvicultura**, v. 20, p. 26-27, 2000.

Wright, K.A.; Sendek, K.H.; Rice, R.M.; Thomas, R.B. Logging effects on streamflow: storm runoff at Caspar Creek in Northwestern California. **Water Resources Research**, v. 26, n. 7, p. 1657-1667, 1990.