



P
ARA CONHECER
A TERRA
MEMÓRIAS E NOTÍCIAS
DE GEOCIÊNCIAS
NO ESPAÇO LUSÓFONO

Lopes, F. C., Andrade, A. I.,
Henriques, M. H., Quinta-Ferreira, M.,
Barata, M. T. & Pena dos Reis, R.
Coordenação

O REGIME INTERANUAL
DE RIOS NA REGIÃO OESTE
DE SÃO PAULO (BRASIL)

THE INTERANNUAL REGIME OF RIVERS
IN THE WESTERN REGION OF THE
SÃO PAULO STATE (BRAZIL)

P. C. Rocha¹ & L. F. Andrade²

Resumo – Este trabalho aborda o comportamento hidrológico nas bacias dos rios Aguapeí e Peixe, que drenam parte da região do Planalto Ocidental Paulista no Brasil. Para tanto, foram considerados o regime hidrológico dos rios, a precipitação, as condicionantes de uso e ocupação da área e a evolução do processo de desmatamento nas bacias. A obtenção dos regimes fluviométrico e pluviométrico foram baseados em dados diários, mensais e anuais de séries históricas. Os resultados indicam que houve significativas variações nos regimes hidrológicos dos rios Aguapeí e Peixe, ao longo da série avaliada, e as alterações mais significativas se deram a partir da década de 1970. Estas alterações no regime hidrológico dos dois rios parecem estar relacionadas a dois fatores: alteração no regime pluviométrico; e processos de desmatamento e transformação da cobertura vegetal natural, que até a década de 1970, já haviam ocorrido na maior parte da área.

Palavras-chave – Regime hidrológico; Rio Aguapeí; Rio do Peixe; Oeste paulista; Variabilidade hidrológica

Abstract – This paper discusses the hydrological behavior in the Aguapeí and Peixe river basins, which drain the Western Plateau region of São Paulo State, Brazil. To this it was considered the hydrological regime of rivers, the precipitation, the constraints in the use and

¹ Professor Assistente Dr do Departamento de Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia da FCT/UNESP – GAIA – Presidente Prudente-SP; perocha@fct.unesp.br

² Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia da FCT/UNESP – GAIA-Presidente Prudente-SP.

occupation of the area and the evolution of the deforestation process in both basins. The achievement of mean fluvial and rainfall regimes were based upon daily data and monthly and annual historical series. The results indicate that there were significant variability in hydrologic regimes of Aguapeí and Peixe Rivers throughout the evaluated series and the most significant changes happened after the 1970s. These changes in the hydrological regime of both rivers seems to be related with two factors: 1) change in mean rainfall regime; and 2) deforestation and transformation processes of natural vegetation cover, which until the 1970s, had already occurred in most of the area.

Keywords – Hydrological regime; Aguapeí River; Peixe River; West of São Paulo State; Hydrological variability

1 – Introdução

A água doce pode ser considerada, individualmente, o mais importante recurso para uso e estabelecimento territorial da humanidade. Em escala mundial, uma das causas inibidoras da expansão da agricultura e do povoamento de vastas regiões é a insuficiência de água. Em escala local, os recursos hídricos determinam a localização de certas indústrias e a geração de energia. Antigamente, o estabelecimento de povoações estava estreitamente relacionado com a localização de rios e fontes de água doce. As povoações dos oásis oferecem um exemplo desse processo (DREW, 1994).

Em macroescala, como no caso de grandes bacias hidrográficas, o padrão de *runoff* e suas intensidades e sazonalidades poderão ser controlados, primariamente, pelos efeitos climáticos. Este padrão geral reflete os padrões de precipitação e circulação geral da atmosfera. Para comparação entre bacias hidrográficas individuais, a geologia, morfometria da bacia, solos e vegetação, assim como os aspectos climáticos, interagem entre si para determinar o padrão natural sazonal de variação de *runoff* (PETTS & FOSTER, 1990).

As intervenções humanas no ciclo hidrológico se dão em diferentes pontos (ou fases do ciclo). Segundo DREW (1994), pode-se imaginar o ciclo hidrológico como uma série de armazenagens de água ligadas por transferências. De fato, muitos depósitos são, na realidade, transferências mais demoradas (por exemplo, da água subterrânea) e algumas transferências mais rápidas (por exemplo, os rios) também exercem limitada função de armazenagem. Em cada ponto de intervenção, diferentes podem ser as intensidades dos impactos. Geralmente os maiores impactos estão associados às intervenções na infiltração, na armazenagem e nos fluxos fluviais.

Normalmente, o desmatamento ou o desflorestamento exerce considerável efeito nas perdas de água. A perda de cobertura arbórea, em curto prazo, reduz a perda de água do solo por transpiração, pois as raízes profundas das árvores são arrancadas, bem como provoca maior escoamento das águas na superfície do solo, visto que a antiga manta amortecedora de folhas caídas foi substituída pela terra nua. Assim, é mais provável o aumento do fluxo direto da água para os rios (Fig. 1).

Neste trabalho, foram utilizados os dados fluviométricos de estações com série histórica longa nos rios Aguapeí e Peixe (afluentes do Alto Rio Paraná), além de estimativas a partir de correlação entre as estações (Fig. 2), com o objetivo de se avaliar

o comportamento hidrológico interanual dos rios ao longo da série histórica avaliada e relacioná-lo com dados de precipitação e de cobertura da terra, na perspectiva da dinâmica temporal.

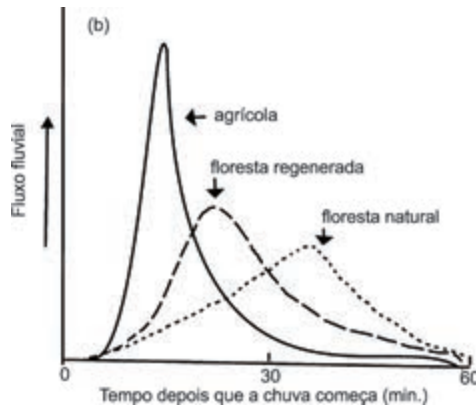


Fig. 1 – Efeitos do desmatamento no fluxo de um rio. Diferentes hidrogramas após a chuva em bacias da mesma área, com diferentes usos do solo (Fonte: DREW, 1994).

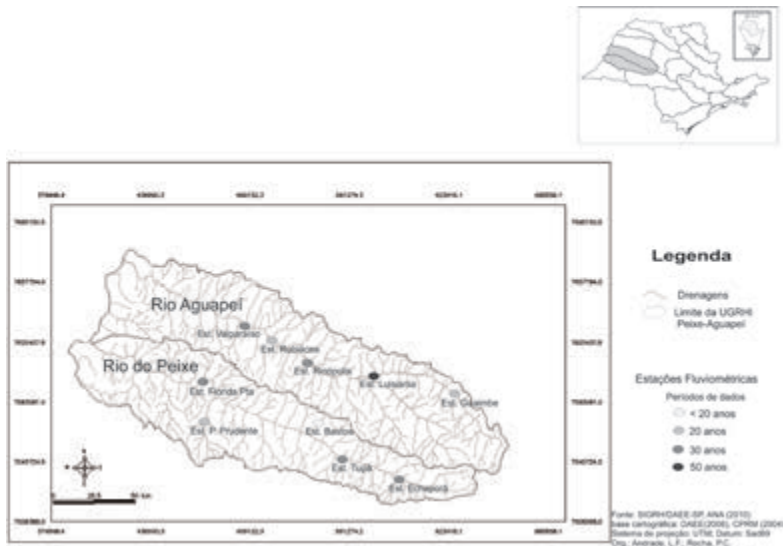


Fig. 2 – Localização da área de estudos.

2 – Procedimentos metodológicos

Segundo RICHTER *et al.* (1997), as características do fluxo contém indicadores para se avaliar a integridade do ecossistema fluvial ao longo do tempo. O fluxo natural de um

rio varia conforme a escala de tempo avaliada, na ordem de horas, dias, estações do ano, anos e adiante. No entanto, são necessários muitos anos de observação em uma estação fluviométrica para se descrever as características do padrão de fluxo de um rio, em termos de quantidade, periodicidade e variabilidade, que é o seu regime de fluxo natural. Em bacias hidrográficas que carecem de dados hidrológicos de série longa, as análises podem ser estendidas estatisticamente a partir de outra estação localizada na mesma área geográfica (POFF *et al.*, 1997).

Foram inventariadas as estações fluviométricas com séries históricas longas em funcionamento e/ou que tiveram série longa de dados até recentemente, a partir de levantamento junto a Agência Nacional de Águas e ao Departamento Estadual de Águas de São Paulo/SIGRH. Posteriormente, foi avaliada a localização das estações representativas e solicitados os dados hidrológicos diários. Para as estações com série histórica incompleta, os dados foram estimados a partir de correlacionamento (neste trabalho estabelecido para R^2 maior que 0,7) através de regressão linear simples entre estações dentro da mesma área geográfica, conforme preconizado por POFF *et al.* (1997). Cabe lembrar que as duas bacias de drenagem pertencem à mesma região climática, geológica e geomorfológica. Para este estudo, foram utilizados os dados de médias anuais das séries hidrológicas das estações disponíveis para estas bacias. Foram escolhidas duas estações, uma a cada bacia hidrográfica, como representativas para este estudo.

Os dados de precipitação foram analisados qualitativamente, baseado nos comentários dos trabalhos de MONBEIG (1984), ZAVATINI (1998) e SANT'ANNA NETO (2000). Foram também utilizados, para análise quantitativa, os dados de precipitação de quatro estações pluviométricas com série longa de dados, em diferentes posições geográficas e diferentes altitudes ao longo das bacias em estudo. São elas: estações pluviométricas de Garça, Luziânia, Monte Castelo e Panorama, cujos dados estão disponibilizados *online* e acessados no *site* do DAEE/SIGRH-SP (Sistema de Gestão de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo). Esses dados foram utilizados para fornecer uma análise preliminar do comportamento sazonal e interanual da precipitação total nos trechos alto, médio e baixo das bacias e no auxílio à identificação dos períodos hidrológicos.

Foram também levantados qualitativamente dados de cobertura da terra, baseado nos dados de desmatamento e avanço das frentes pioneiras na região oeste paulista, conforme os estudos de MONBEIG (1984) e levantamento de SERRA FILHO *et al.* (1974) e da ONG RBMA (2007).

3 – Resultados e discussão

O regime hidrológico dos dois rios, em estudo, pode ser observado na Fig. 3 e na tabela 1. Os dois rios apresentam alteração nas suas magnitudes interanuais desde o início da década de 70, acompanhando o que apresentam os rios Paraná e Paraguai. O diferencial para o rio Paraná é que este ainda apresenta um achatamento dos picos de máxima e mínima desde o início da década de 70, que são atribuídos ao controle de fluxo pelos barramentos (de Usinas Hidroelétricas) a montante, que iniciaram a operação a partir deste período.

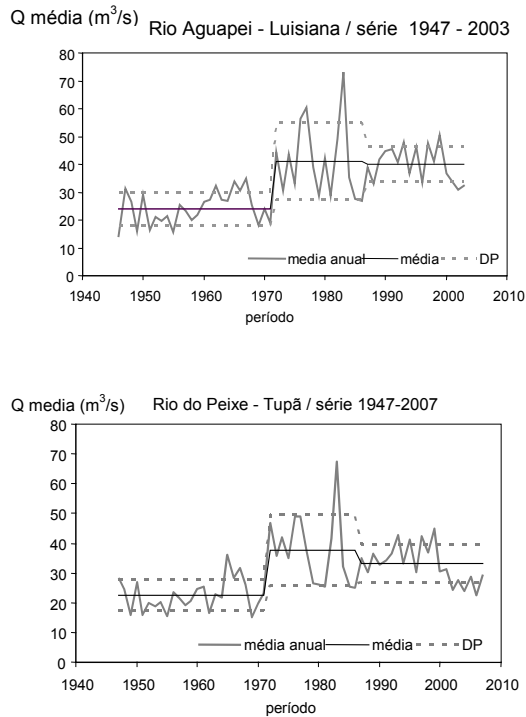


Fig. 3 – Variabilidade das vazões médias anuais e períodos hidrológicos identificados.

Tab. 1 – Valores de média e desvio padrão das séries estudadas para as estações monitoradas.

	Aguapeí	Peixe
Área de drenagem até a estação fluviométrica (km ²)	3.670	2.883
Qm série anual		
Qm 1	24,1	22,5
Qm 2	41,1	37,7
Qm 3	40,1	33,1
DP série anual		
DP 1	5,8	5,3
DP 2	13,6	12,0
DP 3	6,3	6,3
CV série anual		
CV 1	24,2	23,6
CV 2	33,2	31,9
CV 3	15,6	19,0

Obs: Dados obtidos dos valores da média anual de séries históricas, entre as décadas de 1940 e 2000. Qm (vazões médias anuais – m³.s⁻¹); DP (desvio padrão da série); CV (coeficiente de variação em %). Os valores 1, 2 e 3 indicam os três períodos hidrológicos identificados: 1 (1947-1971), 2 (1972-1987), 3 (após 1988).

Porém, não foram observados apenas dois períodos hidrológicos, mas sim, pelo menos três, considerando a série de dados utilizada. Um primeiro período até 1972; outro entre 1972 e 1987; outro a partir de 1988. Ainda é provável que este último período, ou fase hidrológica, tenha terminado em 2001, quando um novo período hidrológico pode ter começado, contudo a série de dados avaliada não permite melhor detalhamento.

O primeiro período hidrológico é caracterizado por menores valores de vazão, desvio padrão e coeficiente de variação que os valores da série completa dos dados. Isso significa menores magnitudes do fluxo e menor variabilidade interanual. O segundo período caracteriza-se por apresentar os maiores valores médios de vazão, desvio padrão e coeficiente de variação que os dados da série completa. Isso significa dizer que neste período ocorreram maiores magnitudes de fluxo e maior variabilidade interanual. O terceiro período é marcado por apresentar valores de vazão média, também superiores à média da série completa, porém com valores de desvio padrão e de coeficiente de variação inferiores. Este período é marcado também por apresentar proximidade nos valores de média para com o período anterior, porém com menor variância. É o período que apresenta os menores valores do coeficiente de variação, considerando a série histórica e os períodos individualmente.

A Fig. 4 mostra os valores de pluviosidade anual, em série histórica para as estações de Garça (680 m), Luziânia (420 m), Monte Castelo (330 m) e Panorama (265 m), localizadas no interior das bacias estudadas.

Considerando-se os valores totais interanuais, os períodos hidrológicos identificados nos dados fluviométricos não se apresentam com a mesma nitidez. Contudo, pode-se perceber, em algumas das estações pluviométricas, períodos hidrológicos distintos, similares aos apresentados anteriormente como Garça (figura 4-A) e Luiziânia (figura 4-B).

Dados associados à dinâmica atmosférica no hemisfério sul também apontam para alternância de ciclos mais chuvosos e mais secos (associados a períodos mais quentes e mais frios respectivamente) (Fig. 5), como apontados por MOLION (2008).

Na bacia do Alto Paraná, as frentes de ocupação ocorreram de maneira diferenciada, ao longo dos espaços, iniciando-se mais efetivamente pela região sudeste da bacia, conforme sugere a figura 6, para o estado de São Paulo. Pode-se observar um grande avanço após a década de 1920, advinda da ocupação pela cafeicultura que se expandia para o oeste do estado. Durante a ocupação e o desmatamento, MONBEIG (1984) cita relatos dos colonos, durante os anos 1920 a 1940, os quais afirmavam que após o desmatamento da área era comum o aumento da água nas propriedades.

4 – Considerações finais

As alterações interanuais no regime hidrológico dos rios Aguapeí e Peixe parecem ser reflexo de duas componentes: da variabilidade pluviométrica e possivelmente climática, de modo geral, como processo natural na escala de tempo avaliada; e das interferências antrópicas, alterando a cobertura da terra, com os processos de desmatamento e implementação de vários ciclos de culturas e pecuária.

Tais fatos ainda não puderam ser separados em termos quantitativos; contudo, qualitativa e conceitualmente, pode-se inferir que o desmatamento leva a um aumento no escoamento superficial e isso acarreta maior variabilidade no fluxo do rio. Assim, esta pode ser a alternativa, até o momento, para explicar o aumento da variabilidade interanual observada nos fluxos dos rios.

No caso específico do oeste paulista, os ciclos do café, do algodão, pastagens, e cana-de-açúcar podem ter influenciado nos padrões de variação e caracterização dos períodos hidrológicos observados e merecem uma abordagem mais detalhada, num próximo momento.

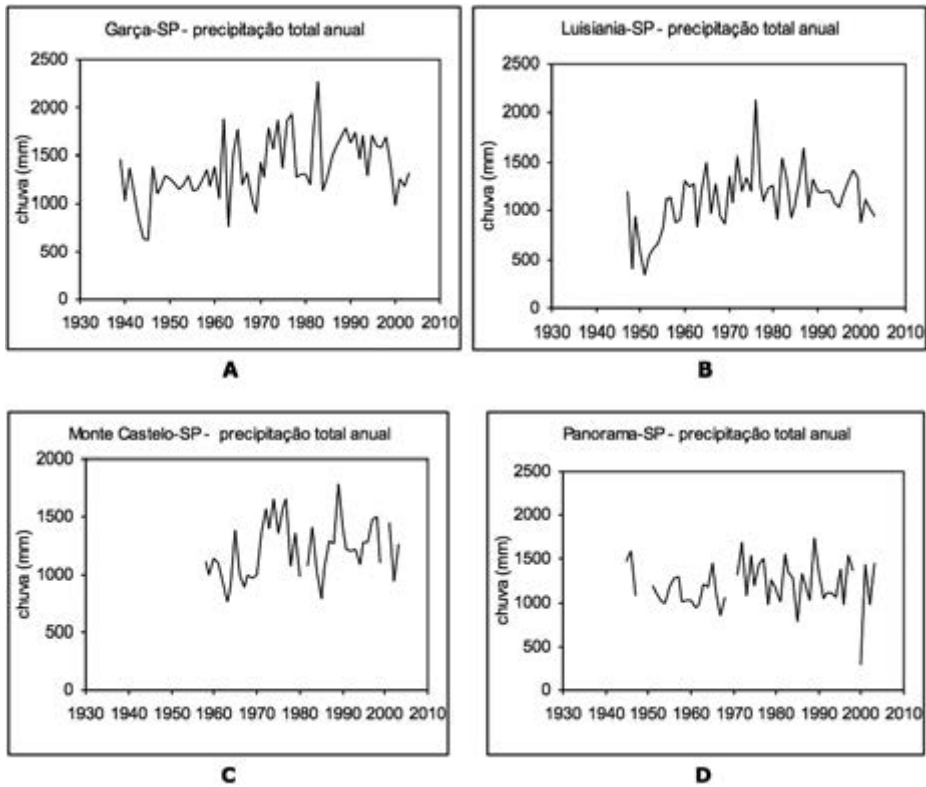


Fig. 4 – Precipitação total anual em Garça, Luziânia, Monte Castelo e Panorama. Trecho baixo, médio e alto das bacias hidrográficas, respectivamente.

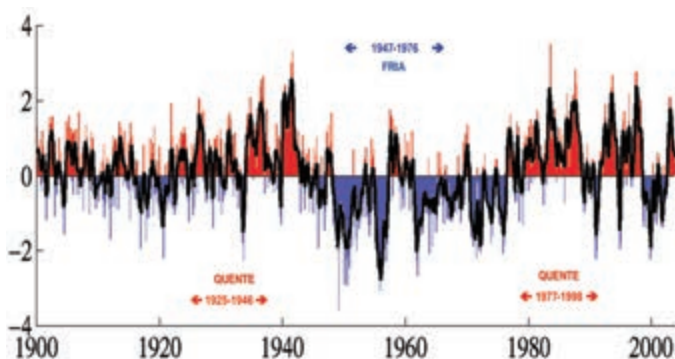


Fig. 5 – Variação dos índices de Oscilação Decadal do Pacífico (ODP)
(Fonte: Molion, 2008, baseado em Mantua *et al.*, 1997).

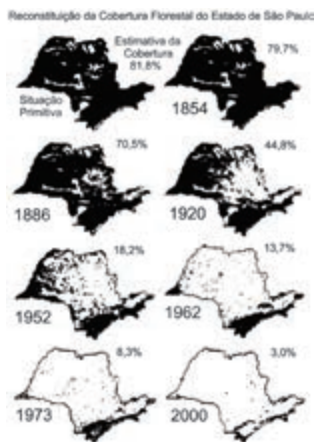


Fig. 6 – Avanço do desmatamento no estado de São Paulo
(Fonte: SERRA FILHO *et al.*, 1974 e RBMA, 2007).

De modo geral, este estudo corrobora a afirmação de estudos anteriores, na bacia do Paraná, sobre aumento dos fluxos nos rios a partir da década de 1970. Contudo, pode se observar, com maior clareza, os períodos hidrológicos produzidos pela variabilidade climática natural, com duração de cerca de 10 a 20 anos em cada período.

Agradecimentos – Os autores agradecem ao CNPQ pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa, processo: 477564/2010-0, edital mct/cnpq 14/2010.

Referências Bibliográficas

- DREW, D. (1994) – Processos interativos homem-meio ambiente. Bertrand Brasil. 3ª. ed. Rio de Janeiro. 224 p.
- MOLION, L. C. B. (2008) – Aquecimento global: uma visão crítica. *Revista Brasileira de Climatologia*. ABCLima, 2/4, ano 4. Presidente Prudente-SP, p. 7–24.
- MONBEIG, P. (1984) – Pioneiros e Fazendeiros de São Paulo. Ed. Hucitec. Sao Paulo, 392 p.
- PETTS, G. & FOSTER, I. (1990) – Rivers and Landscape. The Athenaeum Press, 3ª ed., New Castle, Great Britain, 288 p.
- POFF, H. L., ALLAN, D., BAIN, M. B., KARR, J. R., PRESTEGAARD, K. L., RICHTER, B. D., SPARKS, R. E., & STROMBERG, J. C. (1997) – The natural flow regime: a paradigm for river conservation and restoration. *Bioscience*, 47, p. 769-784.
- RBMA ORG (2007) – Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. <http://www.rbma.org>. (consultado em 2007.06.04).
- RICHTER, B. D., BAUMGARTNER, J. V., WIGINGTON, R. & BRAUN, D. P. (1997) – How Much Water Does a River Need. *Freshwater Biology*, 37, p. 231-249.
- SANT'ANNA NETO, J. L. (2000) – As Chuvas no Estado de São Paulo: A Variabilidade Pluvial nos Últimos 100 Anos. In: Sant'Anna Neto, J. L. & Zavatini, J.A. (orgs). Variabilidade e mudanças climáticas. Eduem, Maringá-PR. p. 95–119.
- SERRA FILHO R., CAVALLI, A. C. & GUILLAUMON JR., R. (1974) – Levantamento da cobertura vegetal e do reflorestamento no estado de São Paulo. *Boletim Técnico do Instituto Florestal*, São Paulo, 11, 53 p.
- ZAVATINI, J. A. (1998) – Anos Secos e Anos Chuvosos na Bacia do Paraná. IX Encontro Sul-Mato-Grossense de Geógrafos. Três Lagoas-MS. Sem paginação.