

ANÁLISE DA VARIABILIDADE DE MAGNITUDE DE FLUXO DO RIO AGUAPEÍ, REGIÃO OESTE PAULISTA, BRASIL

Pollyana Rodero Fernandes^{1} & Paulo Cesar Rocha²*

Resumo - Esse trabalho visa apontar, através do estudo da magnitude de fluxo extraída a partir da Estação 7C-002, no município de Luiziana, no rio Aguapeí, uma nítida alteração de magnitude no regime hidrológico dos rios a partir do início da década de 1970, associados, principalmente, a fatores de ocupação desordenada. Assim, os dados fluviométricos extraídos a partir do Sistema Integrado de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo – SigRH, foram transformados em gráficos e foram realizados cálculos de desvio padrão e coeficiente de variação para os períodos de 1948 a 1971, 1972 a 1984 e 1985 a 2011. Os resultados apontaram diferenças entre os períodos hidrológicos. Assim, no primeiro período (1948-1971) as magnitudes das vazões médias foram as menores da série, bem como as magnitudes mínimas. O segundo período (1972 – 1984) se destacou por altas magnitudes, maiores inclusive do que no terceiro período (1985 – 2011), cujas magnitudes podem ser consideradas intermediárias. Desta forma, este trabalho ressalta a necessidade de um maior planejamento e da utilização de instrumentos, como a cobrança pelo uso da água e a melhora do sistema de outorgas para a minimização dos impactos causados aos recursos hídricos e às bacias hidrográficas.

Palavras-Chave – Regime hidrológico; Planejamento; Gestão de Recursos Hídricos.

ANALYSIS OF THE VARIABILITY OF FLOW MAGNITUDE OF THE AGUAPEÍ RIVER, WEST REGION OF PAULISTA, BRAZIL

Abstract – This work aims to point, through the study of the magnitude of flow extracted from Station 7C-002, in the city of Luiziana, on the Aguapeí river, a clear change of magnitude in the hydrological regime of the rivers from the beginning of the 1970s, associated, mainly, to factors of disordered occupation. Thus, the fluviometric data extracted from the Integrated System of Integrated Management of Water Resources of the State of São Paulo - SigRH, were transformed into graphs and calculations of standard deviation and coefficient of variation were performed for the periods from 1948 to 1971, 1972 to 1984 and 1985 to 2011. The results pointed out differences between the hydrological periods. Thus, in the first period (1948-1971), the magnitudes of the average flows were the smallest in the series, as well as the minimum magnitudes. The second period (1972 - 1984) was highlighted by high magnitudes, even higher than in the third period (1985 - 2011), whose magnitudes can be considered as intermediate. In this way, this work highlights the need for greater planning and use of instruments, such as charging for the use of water and improving the granting system to minimize impacts to water resources and river basins.

Keywords – Hydrological regime; Planning; Water Resources Management.

INTRODUÇÃO

Ao longo dos tempos a diversificação dos usos múltiplos da água, que ocorreram devido ao desenvolvimento econômico e social, foi responsável pelas inúmeras pressões sobre o ciclo hidrológico e sobre as reservas de águas superficiais e subterrâneas, ocasionando inúmeros impactos que exigem diferentes tipos de avaliações, tanto qualitativos como quantitativos, vinculadas a um monitoramento em longo prazo (TUNDISI, 2005).

^{1*}UNESP, Programa de Pós-graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos de Ilha Solteira - PROFÁGUA; pollyana-@outlook.com.

²UNESP, Programa de Pós-graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos de Ilha Solteira - PROFÁGUA; pcrochag@gmail.com.

Essa situação não seria diferente na região do Oeste Paulista, que desde o início do século passado vem passando por processos contínuos de apropriação do relevo. As culturas do café e do algodão, as pastagens e, atualmente, o avanço da cana de açúcar, deixaram marcas na paisagem natural e em seus sistemas fluviais de baixa energia, como os Rios Aguapeí e Peixe (ARAÚJO et al., 2016).

Para tanto, uma ferramenta importante, segundo Rocha e Andrade (2015), é o conhecimento sobre o regime hidrológico dos rios, que constitui informação primordial para a busca de alternativas em diversas áreas do conhecimento, sobretudo para os interessados nas questões do planejamento ambiental e do uso dos recursos hídricos no âmbito da bacia hidrográfica.

Vários estudos sobre as relações entre a variabilidade hidrológica e a integridade do ecossistema fluvial sugerem um padrão do regime natural do rio: a completa variabilidade do regime hidrológico intra e inter-anual, associada com as características de periodicidade, duração, frequência e taxa de mudança, são críticas na sustentação da biodiversidade e manutenção do ecossistema aquático (RICHTER *et al.*, 1997).

Assim, devido as crescentes demandas por água para diversos fins pela sociedade, vários estudos correlacionam as alterações dos indicadores hidrológicos com as ações antrópicas. Estes trabalhos norteiam os gestores no planejamento quanto as formas de ocupação da bacia hidrográfica e no controle da retirada da cobertura vegetal, por exemplo.

Desta forma, o objetivo deste trabalho é analisar a magnitude da variabilidade do fluxo hidrológico do rio Aguapeí, localizado na região Oeste paulista do Brasil, de forma a relacionar o comportamento mensal da magnitude de fluxo e o comportamento interanual, considerando as diferenças observadas entre períodos hidrológicos referidos pelos trabalhos já desenvolvidos sobre o tema.

ÁREA DE ESTUDO

A área de interesse do presente estudo é composta pelo rio Aguapeí, localizado na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI 20, localizado no Oeste do Estado de São Paulo, conforme ilustrado na Figura 1.

A UGRHI 20 possui área de drenagem igual a 12.011 Km² e limita-se ao Norte com a Bacia do Rio Tietê, a Oeste com o Estado do Mato Grosso do Sul, tendo como divisa o Rio Paraná, a Leste seu limite é a Serra dos Agudos e ao Sul encontra-se a Bacia do Rio do Peixe.

É formada pelo Rio Aguapeí, que nasce a uma altitude de 600 metros, entre as cidades de Gália e Presidente Alves, e pelo Rio Tibiriça, que nasce a uma altitude de 480 metros, junto à cidade de Garça. A Bacia possui extensão aproximada de 420 Km até sua foz no Rio Paraná, a uma altitude de 260 metros, entre o Porto Labirinto e o Porto Independência.

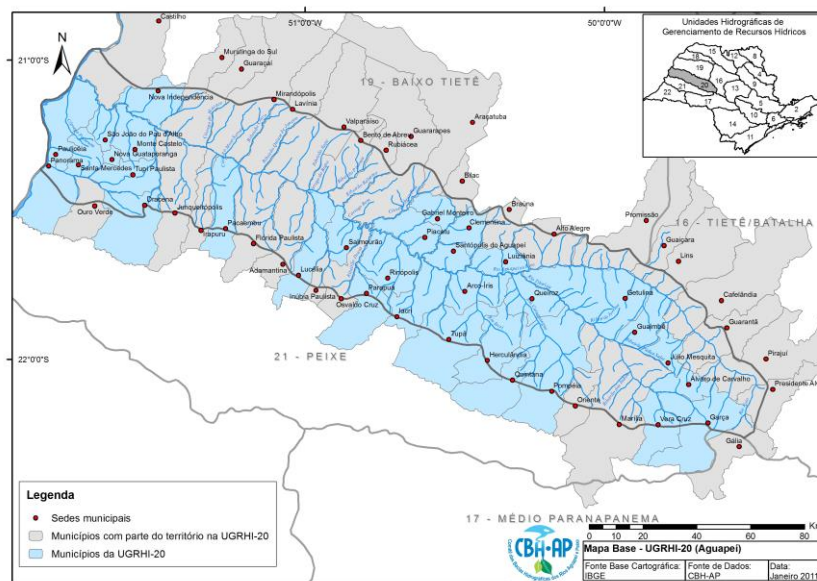


Figura 1 – UGHRI 20 – Aguapeí. Fonte: <<http://cbhap.org/ugrhi-20/>>. Acesso em: 18 de maio de 2017.

O Plano Estadual de Recursos Hídricos (Lei Estadual 9.034/94), que estabeleceu a divisão hidrográfica do Estado, afirma que pertencem à UGRHI-20 municípios cujas sedes estejam inseridas na área da Bacia Hidrográfica do Rio Aguapeí, correspondendo estes a 32 municípios.

Segundo Rocha e Tommaselli (2012) tanto a bacia hidrográfica do rio Aguapeí como a do rio do Peixe estão inseridas, geomorfologicamente, no planalto ocidental paulista e por terrenos do mesmo domínio geológico, com maior parte de arenitos, além disso, pertencem a mesma região climática, clima tropical alternadamente seco e úmido.

O Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo – SigRH (2017), aponta que nas áreas urbanas, entre as principais atividades econômicas, destacam-se os setores de serviços e comércio. Nas áreas rurais, a agricultura e pecuária são as atividades mais expressivas, destacando-se as lavouras de café, cana-de-açúcar e milho. As áreas de pastagem, que antes ocupavam boa parte das áreas rurais, agora dividem espaço com a cana-de-açúcar. Atenta-se também para a atividade de extração mineral de areia nos afluentes do Rio Aguapeí e olarias instaladas principalmente nos municípios que margeiam o Rio Paraná.

Quanto a vegetação remanescente, a bacia hidrográfica apresenta 857 Km² de vegetação natural remanescente que ocupa, aproximadamente, 6,5% da área da UGRHI. As categorias de maior ocorrência são Floresta Estacional Semidecidual e Formação Arbórea/Arbustiva em Região de Várzea. A UGRHI ainda apresenta uma Unidade de Conservação, o Parque Estadual do Aguapeí (SigRH, 2017).

METODOLOGIA

Richeret *al* (1997) e Poffet *al*(1997), consideram cinco componentes do regime de fluxo relacionados aos processos ecológicos em ecossistemas fluviais, a magnitude do fluxo, a duração, a periodicidade, a frequência e a taxa de alteração do fluxo, sendo que, no caso desse estudo será utilizado apenas a magnitude de fluxo.

Assim, primeiramente, os dados de magnitude de fluxo foram extraídos do banco de dados do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo – SigRH, especificamente, da Estação 7C-002, localizada no município de Luiziânia-SP, como podemos observar na Figura 2.

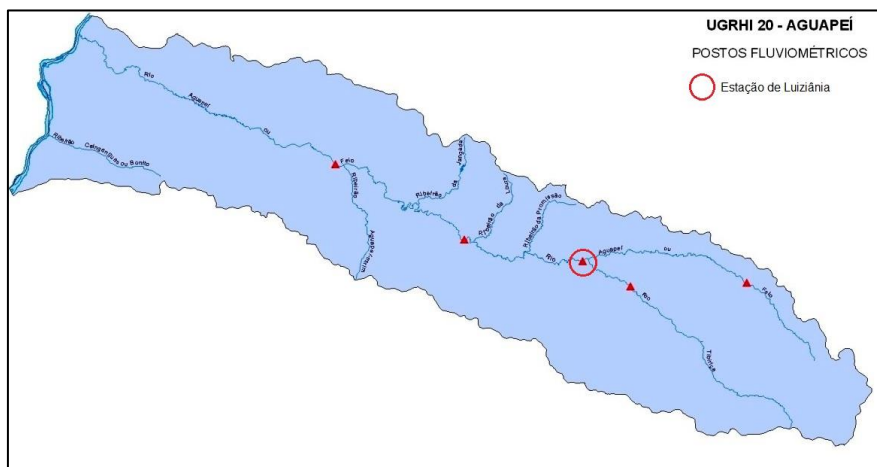


Figura 2 – Localização da Estação 7C-002, município de Luiziânia, no rio Aguaapé. Fonte: Adaptado doSigRH, 2017.

Realizou-se um pré-processamento dos dados para identificar as falhas, ou seja, a falta de dados nos postos. Os dados de magnitude de fluxo médio, mínimo e máximo mensal, utilizados para este trabalho, estão entre o período hidrológico de 1952-2006. O primeiro e o último ano da série de dados da estação foram descartados.

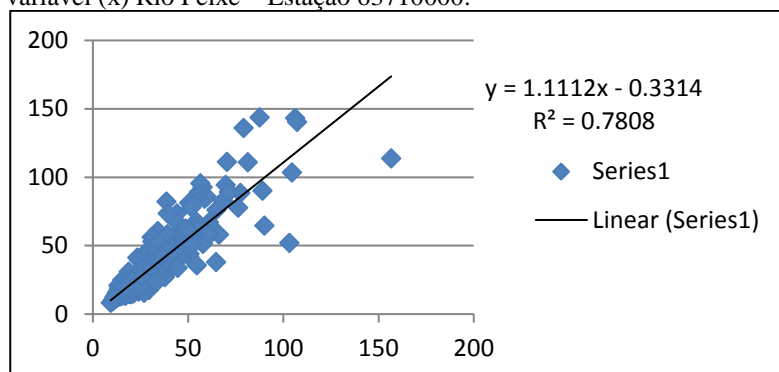
Na etapa seguinte, foi realizado um preenchimento de falhas mensais, sendo utilizada, como principal critério para esse procedimento, a escolha de estações com características semelhantes quanto ao meio físico, com uma mesma região climática e topográfica. Assim, foram utilizados os dados fluviométricos do Rio do Peixe, Estação 63710000, localizada no município de Tupã, obtidos através do Sistema de Informações Hidrológicas – HidroWeb, no sitio da Agência Nacional de Águas.

Para tanto, foi utilizado o *Microsoft Office Excel 2007*[®] para produzir o Gráfico 1 de dispersão, que consiste na representação de duas ou mais variáveis que são organizadas em um gráfico, uma em função da outra. Assim, para o estudo, no eixo y estão os dados de vazão média mensal da Estação de Luiziânia e no eixo x os da Estação de Tupã. Este gráfico permitiu que fosse realizada e inserida uma reta de tendência por regressão linear cujo índice de determinação (R^2) maior que 0,7, permitindo a identificação de uma função linear para realização do preenchimento das falhas, conforme indicado na Equação (1), bem como, o valor de R^2 .

$$y = 1,111 x - 0,0331, \text{ sendo } R^2 = 0,780 \quad (1)$$

No caso o R^2 do modelo é 0,780, isto significa que 78% da variável dependente consegue ser explicada pelos regressores presentes no modelo. Assim, os dados da estação do município de Tupã, “x”, segundo preconizado por Poffet *al.* (1997), podem ser inseridos na fórmula para o preenchimento das falhas na estação do município de Luiziânia, “y”.

Gráfico 1. Gráfico de dispersão representando vazão média mensal da variável (y) Rio Aguapeí– Estação 7C-002 e variável (x) Rio Peixe – Estação 63710000.



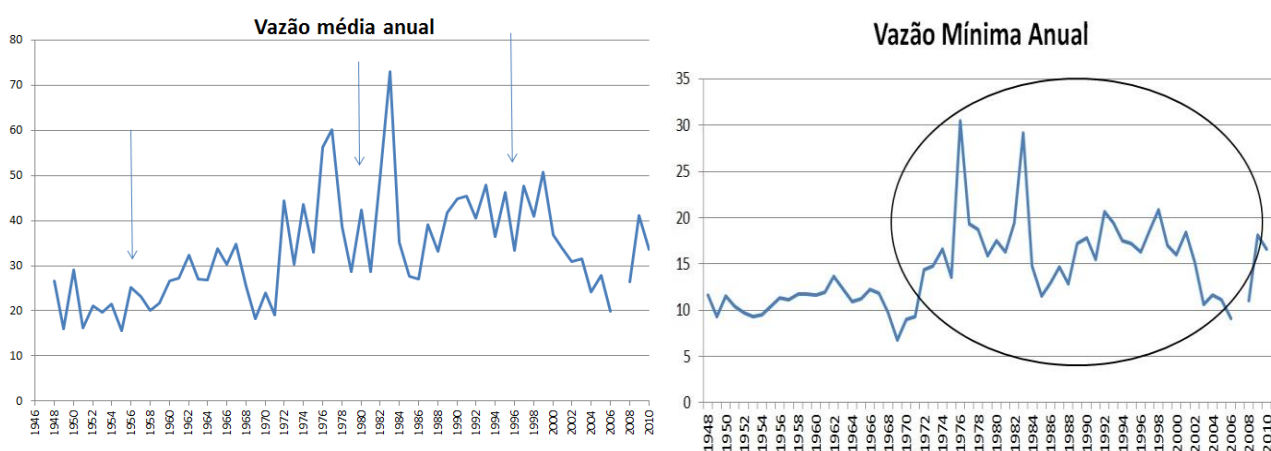
Fonte: autor.

Depois desse procedimento, através do SigRH, também foram coletados os dados de magnitude de fluxo mensal mínimo e máximo da Estação de Luiziana, e desses dados e dos dados de magnitude de fluxo mensal médio foram extraídos os dados de vazão mínima, máxima e média anual, utilizando as fórmulas pertinentes do *Microsoft Office Excel 2007*[®].

Após essa ação foram estabelecidos três períodos, 1948 a 1971, 1972 a 1984 e 1985 a 2011. A extração desses períodos foi baseada no trabalho de Andrade (2014) para ser possível a comparação entre as análises dos dados. Além disso, foi calculado o desvio padrão e o coeficiente de variação de cada período, evidenciando quanto os resultados diferem da magnitude de fluxo média e qual a porcentagem de dispersão em relação a mesma, respectivamente. Assim, quanto menor o desvio padrão, mais homogênea é a amostra e quanto menor for o valor do coeficiente de variação, menor será a dispersão em torno da média.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os dados de magnitude de fluxo mínima, máxima e média anual e a amplitude de vazão, os resultados mostraram que há uma maior alteração nos eventos extremos máximos do que para os eventos extremos mínimos, como podemos observar na Figura 3.



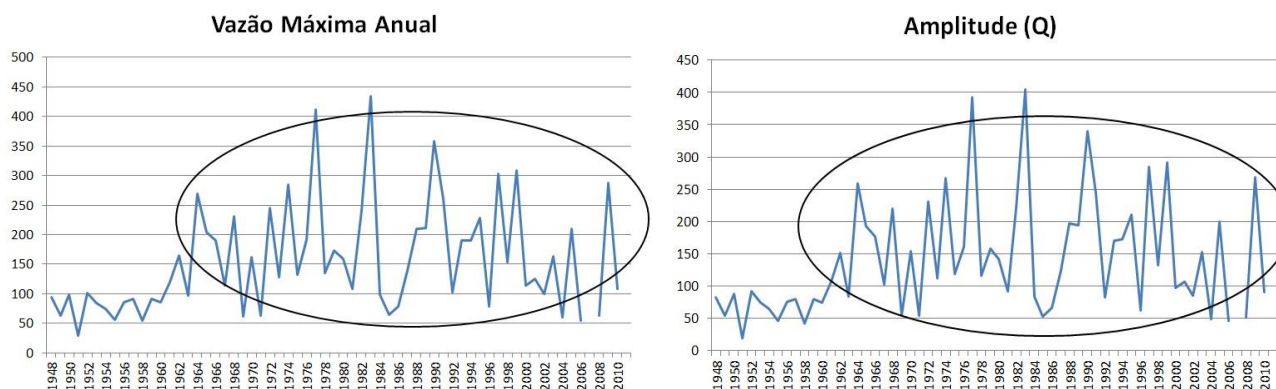


Figura 3 – Magnitude de fluxo média, mínima, máxima e amplitude anual. Fonte: autor.

Essa constatação pode ser evidenciada pelas Tabelas 1, 2 e 3, onde observa-se que o desvio padrão e o coeficiente de variação mostram-se baixos no caso das vazões mínimas, ou seja, apresentam-se mais homogêneas e com menor dispersão em torno da média, enquanto no caso das vazões máximas esses valores se apresentam bem altos.

Tabela 1. Magnitudes médias, desvio padrão e coeficiente de variação nos períodos analisados.

Período	média (m ³ /s)	desvio padrão	coef. var.
1948 - 1971	24,26	5,52	22,76
1972 - 1984	43,36	13,42	30,95
1985 - 2011	36,36	8,33	22,91

Tabela 2. Magnitudes médias mínimas, desvio padrão e coeficiente de variação nos períodos analisados.

Período	média (m ³ /s)	desvio padrão	coef. var.
1948 - 1971	10,76	1,46	13,57
1972 - 1984	18,55	5,36	28,89
1985 - 2011	15,53	3,32	21,39

Tabela 3. Magnitudes médias máximas, desvio padrão e coeficiente de variação nos períodos analisados.

Período	média (m ³ /s)	desvio padrão	coef. var.
1948 - 1971	112,00	60,66	54,16
1972 - 1984	210,87	109,35	51,86
1985 - 2011	166,43	88,28	53,05

Os resultados também apontam diferenças entre os períodos hidrológicos. Assim, no primeiro período (1948-1971) as magnitudes das vazões médias foram as menores da série, bem como as magnitudes mínimas. O segundo período (1972 – 1984) se destacou por altas magnitudes, maiores inclusive do que no terceiro período (1985 – 2011), cujas magnitudes podem ser consideradas intermediárias.

As investigações sobre o comportamento hidrológico dos rios da bacia do Alto Paraná para o entendimento da suas variabilidades hidrológicas e alterações no regime dos rios foram objeto de análises em diversas pesquisas, tais como Clarke et al. (2003), Tucci & Clarke (1998) e Collischonn et al. (2001) no rio Paraguai, e por Rocha et al. (1994; 1998; 2001, 2003), Rocha (2010) no rio Paraná, Araujo (2011) no rio Paranapanema. Estes trabalhos têm observado uma nítida alteração de magnitude no regime hidrológico dos rios a partir do início da década de 1970 e associaram a alteração ao efeito do controle de débitos pelas grandes barragens na bacia, e em parte, aos processos de uso e ocupação nas encostas. Nas bacias do Oeste Paulista, estudos recentes como o de

Andrade (2014) nas bacias hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe, também têm indicado a existência de períodos hidrológicos coincidentes com os estudos anteriormente citados (ROCHA & TOMMASELLI, 2012).

CONCLUSÃO

Considerando-se a intensa apropriação dos recursos fluviais pelo homem, existe uma crescente necessidade de se avaliar e predizer os impactos ecológicos associados ao manejo nas bacias hidrográficas e nos corpos de água. Identificar metas a serem atingidas para manter a biota fluvial e os adequados valores sociais e de serviços associados com a exploração dos recursos hídricos são eminentemente necessários. Tal necessidade pode ser superada na avaliação conjunta da variabilidade hidrológica e da integridade do ecossistema fluvial, que sugerem um paradigma do regime natural do rio, onde a completa variabilidade do regime hidrológico intra e inter-anual, e associada característica de periodicidade, duração, frequência e taxa de mudança, são críticas na sustentação da biodiversidade total nativa e integridade do ecossistema aquático (RICHTER et al., 1997).

Assim, esse estudo conclui o que inúmeros estudos já apontaram, uma nítida alteração de magnitude no regime hidrológico dos rios a partir do início da década de 1970, associados, principalmente, a fatores de ocupação desordenada. Desta forma, este trabalho ressalta a necessidade de um maior planejamento e da utilização de instrumentos, como a cobrança pelo uso da água e a melhora do sistema de outorgas para a minimização dos impactos causados aos recursos hídricos e às bacias hidrográficas.

REFERÊNCIA

ANDRADE, L. F. (2014). Análise espaço-temporal do escoamento fluvial nas bacias hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe, Oeste Paulista, Brasil. Presidente Prudente. 138 p.

ARAÚJO, R. R., et al. (2016). Caracterização limnológica de ambientes deposicionais da planície fluvial na reserva particular do patrimônio natural Foz do Rio Aguapeí. In *Estudos ambientais aplicados em bacias hidrográficas*. Org. por Dias, L. S.; Benini, S. M. ed. ANAP, Tupã – SP, pp.54 – 66.

BARBOSA, J. J.; SUZUKI, M. S. (2016). Manual de orientação na preparação de trabalhos acadêmicos. STBD Ilha Solteira, SP, 53 p.

Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe – CBH-AP. Plano de Bacia das UGRHs 20 e 21. Disponível em <http://cbhap.org/publicacoes/pbh/>. Acesso em 3 de mai. 2017.

MANTOVANI, J. R. A.; et al. (2015). Estimativa do escoamento superficial distribuído na bacia hidrográfica do rio do Peixe (SP) por meio de geoprocessamento. In *Anais do XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSOREAMENTO REMOTO – SBSR*, Foz do Iguaçu – PR, 2013, pp. 5681-5688.

POFF, N. L.; et al. (1997). The natural flow regime. 1. A paradigm for river conservation and restoration. *BioScience*. Vol 47. Nº 11. pp. 769 – 784.

RICHTER, B. D.; *et al.* (1997). How much water does a river need? Blackwell Science Ltd. *Freshwater Biology*, 37. pp. 231 – 249.

ROCHA P. C. (2010). Indicadores de alteração hidrológica no alto rio Paraná: intervenções humanas e implicações na dinâmica do ambiente fluvial. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, v. 22, n. 1, pp. 205-225.

_____; ANDRADE, L. F. (2015). Zoneamento Hidrológico nas bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe, Região Oeste Paulista, Brasil. In *Fórum Ambiental: uma visão multidisciplinar da questão ambiental*. Org. por Silva, A. L. C.; Benini, S. M.; Dias, L. S. ed. ANAP, Tupã – SP, pp. 137 – 158.

_____; ARAÚJO, A. P. (2016). O regime hidrológico na unidade de gerenciamento de recursos hídricos Paranapanema: variabilidade interanual e espacial. In *Estudos ambientais aplicados em bacias hidrográficas*. Org. po Dias, L. S.; Benini, S. M. ed. ANAP, Tupã – SP, pp. 205 – 218.

_____;TOMMASELLI, J. T. G. (2012). Variabilidade hidrológica nas bacias dos rios Aguapeí e Peixe, região oeste paulista. *Revista Brasileira de Climatologia* 2237-8642, pp. 69-84.

Sistema de Informações Hidrológicas – HidroWeb. Disponível em <http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp?TocItem=1070&TipoReg=7&MostraCon=false>. Acesso em 5 de mai. 2017.

Sistema Integrado de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo – SigRH. Base Documental. Disponível em <http://www.hidrologia.daee.sp.gov.br/>. Acesso em 05 de mai. 2017.

TUNDISI, J. G. (2005). Água no século XXI: Enfrentando a escassez. ed. Rima, São Paulo – SP, pp. 68 – 88.