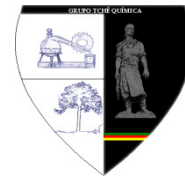




ESTUDO SOBRE MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DE VAZÃO ECOLÓGICA PARA O GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MARACAÇUMÉ



STUDY ON METHODS OF DETERMINATION OF AN ECOLOGICAL FLOW FOR THE MANAGEMENT OF WATER RESOURCES OF THE RIVER BASIN ON MARACAÇUMÉ RIVER

ROSA JUNIOR, Laércio dos Santos^{1*}; ALMEIDA, Hélio da Silva²; BRASIL, Sheyla Cristina Silva de Almeida³; DE MORAIS, Allan Bruce Paiva⁴; SARAIVA, Joniel Belo⁵; CORDEIRO, Soraia Brito⁶; ASSUNÇÃO, Fernanda Paula Costa⁷; PEREIRA, Lia Martins⁸

^{1,2,4,5,6,7,8} Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rua Augusto Corrêa, 1, cep 66075-110, Belém – PA, Brasil. (fone: +55 91 98244-0621)

³ Secretaria de Estado de Meio Ambiental e Sustentabilidade do Pará, Diretoria de Recursos Hídricos, Gerencia de Outorga, Tv Lomas Velentinas, 2717, cep 66093-677, Belém – PA, Brasil. (fone: +55 91 98888-7086)

* Autor correspondente
e-mail: eng.laercio.junior@gmail.com

Received 21 December 2017; received in revised form 08, 12, 15 January 2018; accepted 15 January 2018

RESUMO

A elaboração de um estudo sobre métodos de determinação de vazão ecológica para o gerenciamento dos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Maracaçumé é de suma importância para a utilização adequada e conservação desses recursos na medida em que os usos da água, sobretudo os consultivos, tem alterado os regimes de vazões e a disponibilidade hídrica existente. Nesse contexto, o presente trabalho tem por objetivo discutir a aplicabilidade de métodos hidrológicos que auxiliem no gerenciamento adequado e sustentável dos recursos hídricos. Dessa forma, foram aplicados o Método Q7,10; o Método Q90% e Q95%, além do Método de Tennant com vazão ecológica correspondente a 30% da vazão média anual. Os principais resultados obtidos foram a caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Maracaçumé e os valores de vazão calculados em cada método (0,541 m³/s, 1,075 m³/s, 0,459 m³/s e 19,50 m³/s para os Métodos Q7,10, Q90%, Q95% e Tennant (30%), respectivamente). O trabalho indica que, para o gerenciamento dos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Maracaçumé, deve-se continuar adotando a vazão ecológica obtida através a metodologia Q90, avaliando-se a possibilidade de adequar às finalidades de uso os percentuais máximos de sua utilização.

Palavras-chave: *Métodos Hidrológicos, Vazão Outorgável, Avaliação Hídrica, Registros Históricos.*

ABSTRACT

The elaboration of a study on methods for the determination of ecological flow for the management of the water resources of the Maracaçumé River Basin is very important for the proposed use and conservation of these resources insofar as the uses of water, especially the advisory uses, have changed the flow regimes and the existing water availability. In this context, this work aims to discuss about the applicability of hydrological methods that help in the correct and sustainable management of the water resources. In this way, were applied the Q7,10 Method; the 90% and 95% Method, beyond the Tennant Method with ecological flow corresponding to 30% of the average annual flow. The main results obtained were the characterization of the Maracaçumé River Basin and the flow values obtained in each method (0.541 m³/s, 1,075 m³/s, 0,459 m³/s and 19,50 m³/s for the Q7,10; Q90%; Q95% and Tennant (30%) methods, respectively). The work indicates that for the management of water resources in the Maracaçumé river basin, the ecological flow obtained through the Q90 methodology should continue to be adopted, evaluating the possibility of adapting the maximum percentage of use.

Keywords: *Hydrological Methods, Granting Flow, Water Assessment, Historical Records.*

INTRODUÇÃO

As atividades humanas como a irrigação, o abastecimento público e industrial de água e a geração de energia elétrica têm causado profundas alterações nos regimes naturais de vazão dos rios. De acordo com Reis *et al.* (2011) esta vazão é considerada como o volume de água que passa por uma determinada seção transversal em um intervalo de tempo considerado.

Ao longo do tempo, percebeu-se que essas alterações de regimes têm causado profundos impactos sobre os ecossistemas associados ao rio e à área de inundação. Em diversos casos as alterações no regime fluvial contribuíram para a extinção de espécies nativas e para a invasão de espécies exóticas (CRAIG, 2000). Conhecer e avaliar o comportamento hidrológico dos diversos corpos d'água é de fundamental importância para o desenvolvimento socioambiental, manutenção da vida e preservação dos recursos naturais.

Sendo um dos grandes desafios da atualidade conciliar a demanda de água necessária para atender às crescentes populações humanas, manter e restaurar ecossistemas aquáticos de água doce, o governo criou ferramentas capazes de prover sistemas de gestão de recursos hídricos abrangentes e eficientes (POFF *et al.*, 2011).

Um dos instrumentos criados de fundamental importância para a gestão dos recursos hídricos é a outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos que visa a garantia de qualidade e quantidade de água e como forma de disciplinamento dos seus usos, evitando ou equacionando situações de conflitos (SANTILLI, 2007).

Essa quantidade de água é entendida como a vazão mínima que devem ser mantidas no corpo hídrico nos períodos de estiagem e que devem suprir todos os usos à jusante do barramento (COLLISCHONN *et al.*, 2005) essa vazão pode ser calculada com base em dados históricos aplicados a modelos estatísticos – hidrológicos como Q7, 10, Q90 e Q95 (SANTOS; CUNHA, 2013).

No Brasil, a obrigatoriedade de manter uma vazão que permita a conservação e manutenção dos ecossistemas aquáticos está prevista na legislação (BRASIL, 1997), sendo os

a os métodos hidrológicos mais utilizados (BELICO *et al.*, 2013).

Na região Nordeste, especificadamente no estado do Maranhão, onde órgão gestor dos recursos hídricos é a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais (SEMA-MA), utiliza-se da Lei Nº 8.149/2004 (Lei que instituiu a política estadual de recursos hídricos) e o Decreto Nº 27.845/2011, que estabelece a vazão máxima outorgável, em cursos d'água superficiais, de 20% da Q90 e o limite máximo de vazões consideradas insignificantes de 0,20 L.s⁻¹.

Já nos demais estados da região, de acordo com dados levantados por Pinto *et al.* (2016) utilizam-se os seguintes métodos, de acordo com o percentual máximo de regularização adotado (Tabela 1):

Tabela 1. Percentuais máximos de vazão outorgados nos estados da região Nordeste

Estado	Vazão máxima outorgável
Alagoas	90% da Q90
Bahia	80% da Q90
Ceará	90% da Q90
Paraíba	90% da Q90
Pernambuco	80% da Q90
Piauí	80% da Q95
Rio Grande do Norte	90% da Q90
Sergipe	90% da Q90

Fonte: Pinto *et al.* (2016)

Segundo Silva (2010), o estabelecimento de um regime de vazões ecológicas é uma das questões mais relevantes para o adequado gerenciamento ambiental de um curso d'água, pois envolve o tratamento de demandas geralmente conflitantes e está associado a um contexto de causas e efeitos que envolvem praticamente todo o ecossistema da região.

Entende-se como vazão ecológica aquela necessária para garantir a manutenção e conservação dos ecossistemas aquáticos naturais, após as retiradas para atender aos múltiplos usos de recursos hídricos (BENETTI *et al.*, 2003).

No que se refere às regras de limitação das vazões ecológicas para outorgas de direito de uso da água, para o concomitante equilíbrio

entre o uso humano e ecológico, as decisões administrativas devem fundamentar-se no conhecimento das condições hidrológicas e ecológicas existentes nos trechos dos rios em que captações, lançamentos e alterações do regime hídrico são projetados (GRANZIERA, 2013).

Nesse sentido, após o surgimento de diversas reflexões acerca do tema, a determinação da vazão ecológica focada exclusivamente na vazão mínima passou a ser encarada como limitada e superficial, não se apresentando como ferramenta eficaz na manutenção da qualidade dos ecossistemas aquáticos (OLIVEIRA, 2013). As vazões ecológicas nos rios mostram-se, em sua maioria, inferiores às vazões necessárias à preservação das funções ecossistêmicas dos mesmos, fornecendo a falsa impressão de que os ecossistemas aquáticos estão de fato sendo preservados (GUEDES, 2013).

Para este trabalho foram utilizados métodos hidrológicos que utilizam séries fluviométricas para determinar o regime natural e recomendar novos regimes de fluxo visando a conservação da magnitude, frequência, duração, período de ocorrência e forma de eventos de cheia e estiagem (SOUZA, 2009). Dentre os métodos hidrológicos estão Método da Vazão Média Mínima de 7 dias consecutivos, com período de retorno de 10 anos (Q7, 10); Método da Vazão Ecológica correspondente a 90% e 95% e o Método de Tennant, entre outros. (THARME, 2003; PINTO *et al.*, 2013).

Tais métodos foram utilizados para a avaliação hídrica de um rio situado em uma bacia hidrográfica na região Nordeste.

MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O presente estudo foi desenvolvido tendo como base dados de monitoramento da bacia hidrográfica do rio Maracaçumé (Figura 1) que, de acordo com dados levantados pela Universidade do Estado do Maranhão (UEMA), em 2009, possui uma área de 7.757,79 km² correspondendo a 2,34% da área total do estado do Maranhão, tendo o rio Maracaçumé como rio principal. Esse rio nasce na Serra do Tiracambu e deságua no Oceano Atlântico entre os municípios de Godofredo Viana e Cândido

Mendes, após percorrer uma extensão de aproximadamente 150 km. Os rios Duas Antas, Coqueiro, Macaxeira, Pacovel e Peixe são seus principais afluentes. A vazão média anual do rio Maracaçumé é de, aproximadamente, 65,00 m³/s.

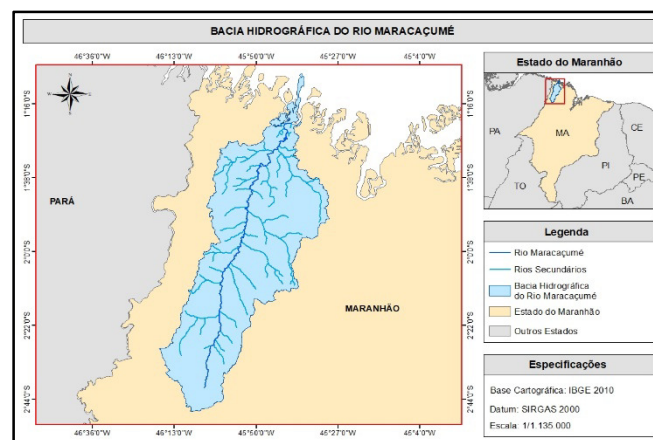


Figura 1. Bacia hidrográfica do rio Maracaçumé.

2.2. Estação Fluviométrica

Foram aplicados os métodos de determinação de vazão ecológica, através do software Microsoft Excel (planilha de cálculo e elaboração de gráficos) utilizando-se dados de vazão calculados a partir de uma estação fluviométrica cadastrada no Sistema de Informações Hidrológicas (Hidroweb), da Agência Nacional de Águas (ANA), sob o número 32740000.

Para a seleção da Estação Fluviométrica utilizou-se dois critérios: área de drenagem – pequenas e médias bacias (0 a 40 km² de área de drenagem) e disponibilidade de séries históricas. Foi escolhida uma estação com séries históricas superiores a 10 anos (a estação possui 45 anos – 1971 a 2016 – de séries históricas). A estação fluviométrica escolhida foi a Estação Maracaçumé.

Na Tabela 2, a seguir, estão sintetizados os principais dados referentes à estação fluviométrica Maracaçumé.

Tabela 2. Informações sobre a estação fluviométrica Maracaçumé.

Nome da estação	Maracaçumé
Código da Estação (Hidroweb)	32740000
Entidade operadora	CPRM
Unidade de federação	Maranhão
Município	Cândido Mendes
Bacia Hidrográfica	Atlântico, trecho Norte/Nordeste
Bacia DENAEE	Rios Gurupi, Turiaçu e outros
Área de drenagem (km ²)	2.200
Nome do rio	Maracaçumé
Tipo de coleta	Convencional
Em operação	Sim
Estação apta a	Cota média e 2 (duas) leituras
	Vazão média
	Descarga líquida
	Curva de descarga
Estação apta a	Perfil transversal
	Qualidade da água

Fonte: ANA, 2016

2.3. Métodos

2.3.1. Método da vazão média mínima de 7 dias consecutivos com período de retorno de 10 anos (Q7, 10)

Segundo Derísio (2012) a vazão Q7, 10 é a vazão média mínima de sete dias consecutivos e 10 anos de período de retorno. Esse cálculo estatístico somente pode ser feito a partir de uma série de dados diários de vários anos. Esse método compreende as seguintes etapas:

- 1) Para cada ano, acha-se a vazão média mínima de sete dias consecutivos, depois de calcular, ao longo de 365 dias do ano, as médias móveis de sete dias, isto é, a do 1º ao 7º dia, a do 2º ao 8º dia e assim por diante, até a do 359º ao 365º dia; na prática, pela observação de dados, basta cobrir o período mais agudo da estiagem;
- 2) Ordenam-se, então, as vazões mínimas anuais do menor (m = 1) para o maior (m = n), no período considerado;
- 3) Calcula-se, para cada ano, a posição da plotagem:

$$p = \left(\frac{m}{n+1} \right) \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

- 4) Sendo o período de retorno:

$$Tr = \frac{100}{p} \quad (\text{Eq. 2})$$

- 5) Por meio de interpolações e extrapolações gráficas obtêm-se o valor da Q7, 10, usando Tr = 10 anos.

2.3.2. Método da vazão ecológica correspondente a 90% e 95%

Esse método consiste em obter-se um valor de vazão de tal modo que 90% ou 95% dos valores de vazão da série histórica são maiores a ela (SPERLING, 2014).

De acordo com o referido autor, no cálculo dessas vazões deve ser utilizada toda a série histórica de dados, compreendendo todas as medições diárias (total de dados = N). Os dados são ordenados de forma decrescente, e atribuído um número de ordem para cada um, na sequência decrescente: m = 1 para o maior, m = 2 para o segundo maior, ..., m = N para o menor. Para cada par (m, Q_m), está associada à probabilidade de que haja uma vazão superior a ela. Esta probabilidade é dada por P = m/N. Assim, para a maior vazão da série (m = 1), a probabilidade de ocorrência de uma vazão superior é 1/N, para a segunda maior vazão é 2/N, e assim por diante, até ser a menor vazão, que tem associada a ela a probabilidade de excedência de N/N = 1.

Na coluna das probabilidades procura-se o valor mais próximo ou igual a 0,90 ou 0,95 (90% ou 95%).

2.3.3. Método de Tennant

Neste método, desenvolvido por Tennant (1996), a vazão ecológica recomendada é calculada com base na vazão média de longo termo (QMLT), calculada para o local do aproveitamento hidráulico, em que são utilizadas diferentes percentagens para o período seco e para o período chuvoso (BELICO *et al.*, 2013). As recomendações do método são baseadas em valores obtidos pelo seu autor (Tabela 3).

Além disso, vale ressaltar que o método Tennant tem sido modificado visando à adaptação às condições específicas de determinadas regiões, diferentes daquela onde foi desenvolvido.

Tabela 3. Regime de vazões recomendados pelo Método Tennant

Condições do rio	Vazão recomendada	
	Período seco	Período chuvoso
Lavagem ou máxima	200 % da vazão média anual	
Faixa ótima	60 – 100 % da vazão média anual	
Excepcional	40 %	60 %
Excelente	30 %	50 %
Boa	20 %	40 %
Regular ou em degradação	10 %	30 %
Má ou mínima	10 %	10 %
Degradação elevada	0 – 10 % da vazão média anual	

Fonte: Tennant (1996)

No estudo em questão, para esse método, definiu-se como vazão ecológica mínima aquela correspondente a 30 % da vazão média anual.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Resultados

3.1.1. Método da vazão média mínima de 7 dias consecutivos com período de retorno de 10 anos (Q7, 10)

Para o cálculo da vazão Q7, 10, foi elaborado um gráfico utilizando-se os valores de vazão calculados e seus respectivos tempos de retorno. O resultado é ilustrado na Figura 2.

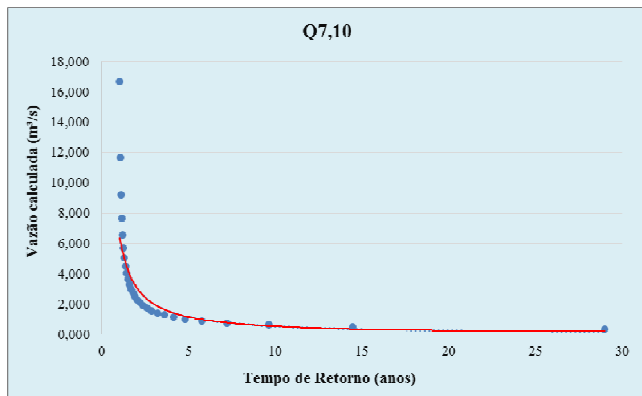


Figura 2. Vazões calculadas para cada tempo de retorno

Após plotagem gráfica, obteve-se a equação (potência) que estima o valor da Q7,10 para a série histórica em estudo:

$$y = 6,5991x^{-1,086} \text{ (Eq. 3)}$$

Substituindo-se y por 10,

$$y = 6,5991 \times 10^{-1,086}$$

$$y = 0,541 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.1.2. Método da vazão ecológica correspondente a 90% e 95%

No cálculo da Q90% e da Q95% utilizou-se um total de 12.087 dados de vazão, logo $N = 12.087$.

Na coluna de probabilidades (P) obteve-se valores iguais a 0,90 e 0,95 nas ordens (m) de número 10.878 e 11.483, calculados da seguinte forma:

$$P = \frac{10.878}{12.087} = 0,90 \quad \text{(Eq. 4)}$$

$$P = \frac{11.483}{12.087} = 0,95 \quad \text{(Eq. 5)}$$

Referente a essas probabilidades, observou-se 1, 075 m³/s e 0, 459 m³/s para Q90% e Q95%, respectivamente.

3.1.3. Método da vazão ecológica correspondente a 90% e 95%

Valores superiores a 30% da vazão média anual são considerados satisfatórios no que tange a profundidade, largura e velocidade de escoamento, pelo Método de Tennant. Sendo a vazão média anual do rio Maracaçumé de, aproximadamente, 65,00 m³/s, a vazão ecológica correspondente a 30% da média é de 19,50 m³/s.

Os demais resultados, de acordo com cada período, estão apresentados no Tabela 4.

Tabela 4. Regime de vazões recomendados pelo Método Tennant

Condições do rio	Vazão recomendada	
	Período seco	Período chuvoso
Lavagem ou máxima	130,00 m ³ /s	
Faixa ótima	39,00 m ³ /s – 65,00 m ³ /s	
Excepcional	26,00 m ³ /s	39,00 m ³ /s
Excelente	19,50 m ³ /s	32,5 m ³ /s
Boa	13,00 m ³ /s	26,00 m ³ /s
Regular ou em degradação	6,50 m ³ /s	19,50 m ³ /s
Má ou mínima	6,50 m ³ /s	6,50 m ³ /s
Degradação elevada	0 – 6,50 m ³ /s	

Fonte: Autoria própria (2017)

O resumo dos resultados obtidos através de cada método está apresentado na Tabela 5.

Tabela 5. Vazões ecológicas obtidas por cada método (em m³/s)

Q 7,10	Q 90%	Q 95%	QTennant (30%)
0, 541	1, 075	0, 459	19,50

Fonte: Autoria própria (2017)

3.2. Discussões

Por meio dos resultados apresentados na Tabela 4, percebeu-se que os valores obtidos pelos métodos Tennant resultam em vazões maiores do que aquelas obtidas pelos métodos Q 7,10, Q 90% e Q 95%. Porém, a vazão obtida, para as condições mínimas recomendadas, de 19,50 m³/s foi calculada com base apenas na vazão média e pode não representar as condições hidráulicas habituais do rio Maracaçumé, já que esse método apresenta, originalmente, grande especificidade quanto ao local e espécies da região no qual foi desenvolvido. Assim, uma das suas principais limitações consiste no fato de que sua aplicação é mais eficaz quando tratar-se de cursos d'água morfológicamente semelhantes àqueles a partir do qual foi elaborado.

O decreto Nº 27.845/2011, da SEMA-MA, estabelece a vazão máxima outorgável, em cursos d'água superficiais, como sendo 20% da

Q90. Isto significa que, de acordo com os dados levantados nesse estudo, essa vazão outorgável seria de 0, 215 m³/s e seria equivalente a, aproximadamente, 40% da Q7, 10, 47% da Q95 e 1,1 % da QTennant.

De outra forma, obtendo-se valores correspondentes ao máximo de 20% da vazão também para Q 7,10 e Q 90 teria-se a seguinte configuração:

Tabela 6. Vazões obtidas considerando o máximo de 20% de Q 7,10; Q 90 e Q 95 (em m³/s)

Q 7,10	Q 90	Q 95%	QTennant (30%)
0,108	0, 215	0, 092	19, 50

Fonte: Autoria própria (2017)

Os resultados obtidos representam vazões muito pequenas se comparadas ao potencial hídrico do rio Maracaçumé. Dessa forma, sabendo-se que a região em estudo está situada fora da área denominada Polígono das Secas (a qual abrange os estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe) e que a vazão máxima outorgada para o uso de corpos d'água superficiais na maioria dos estados da região Nordeste é 90% da Q90, pode-se demonstrar qual seria a vazão ecológica para o gerenciamento dos recursos hídricos do Maranhão utilizando-se esse mesmo percentual, seguindo cada metodologia, conforme apresentado na Tabela 7.

Tabela 7. Vazões ecológicas com base no percentual máximo de 90% (em m³/s)

Q 7,10	Q 90%	Q 95%
0, 487	0, 968	0, 413

Fonte: Autoria própria (2017)

CONCLUSÕES

Através deste estudo pode-se concluir que, embora o método Tennant tenha fornecido o maior valor de vazão para o gerenciamento dos recursos hídricos nas condições mais desfavoráveis, sua utilização ainda precisaria ser adaptada, considerando-se não só o histórico de vazões médias anuais, mas também as estações climáticas no Maranhão e as condições dos habitats na bacia hidrográfica do rio

Maracaçumé.

Assim, este trabalho recomenda que continue sendo adotada a metodologia Q90 para o gerenciamento dos recursos hídricos. Porém, pode ser estudada a possibilidade de adequar às finalidades de uso os percentuais máximos de utilização dessa vazão. Na medida em que foi verificado que a outorga de até 90% da Q90 pode ser concedida, depois de considerados o potencial hídrico do rio Maracaçumé e a não inclusão do mesmo na região do polígono das secas.

Por fim, entende-se que os métodos hidrológicos utilizados nesse estudo não analisam todos os aspectos ambientais relacionados à bacia hidrográfica, nem à utilização da água, o que mostra a necessidade de desenvolverem-se metodologias mais abrangentes que possam, inclusive, levar em consideração as demandas naturais das comunidades biológicas existentes no rio Maracaçumé e as interferências hídricas nos mesmo. Por outro lado, pode-se ressaltar dentre as principais vantagens dos métodos descritos a quantidade de informações necessárias para a sua aplicação (de modo geral apenas as séries históricas de vazões), o que viabiliza a praticidade das aplicações.

REFERÊNCIAS

1. ANA (2015). Agência Nacional de Águas. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: Jun. **2017**.
2. BRASIL. Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF, **1997**.
3. BELICO, J.C.B., LISBOA, L., GUEDES, H.S., SILVA, D.D. da. Comparação entre vazões mínimas de referência para o Rio Formoso – MG. 2013. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v. 9 , n. 17, p.718, set./ dez. **2013**.
4. BENETTI, A.D., LANNA A.E., COBALCHINI M.S. Metodologias para determinação de vazões ecológicas em rios. Revista Brasileira Recursos Hídricos, Rio Grande do Sul, v.8.n.2, p.149-160, abril. / jun. **2003**.
5. CRAIG, J. F. *Large dams and flashwater fish biodiversity. Contributing paper prepared for Thematic Review II.1: Dams, ecosystem functions and environmental restoration – World Commission on Dams*. 59 p. **2000**.
6. GRANZIERA, M. L. M. A fixação de vazões ecológicas adequadas como instrumento de segurança jurídica e sustentabilidade ambiental na concessão de outorgas de direito de uso de recursos hídricos. Revista de Direito Ambiental 18, 127 – 148. **2013**.
7. COLLISCHONN, W.; AGRA, S.G.; DE FREITAS, G.K.; PRIANTE, G.; TASSI, R.; SOUZA, C.F. Em busca do hidrograma ecológico. In : SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS,2005, João Pessoa. Anais...Universidade Federal da Paraíba.,**2005**.
8. DERÍSIO, J. C. Introdução ao Controle da Poluição Ambiental 4. ed. atual. São Paulo: Oficinas de Textos, **2012**. p. 100.
9. GUEDES, H. A. S. Modelagem hidrodinâmica do ecossistema aquático visando à determinação do hidrograma ecológico no rio Formoso – MG. 2013. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Ambientais). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, **2013**.
10. OLIVEIRA, I. C. Modelagem ecohidrológica uni e bidimensional do Rio Formoso – MG. 2013. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Ambientais). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, **2013**.
11. POFF N.L., RICHTER B., ARTHINGTON A.H., BUNN S., NAIMAN B., KENDY E., **2011**. *Ecological Limits of Hydrologic Alteration. Environmental Flows for Regional Water Management. The Nature Conservancy*.

12. PINTO V.G., Netto L.F., OLIVEIRA P.L.P. de, OLIVEIRA J.G. de, MORAES M.F. de, Ribeiro C.B. de M. Identificação de abordagem ecológica em metodologias para determinação de vazão ecohidrológica de rios. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 2013, Bento Gonçalves. Anais... Bento Gonçalves: FUNDAPARQUE, **2013**.
13. PINTO, V.G; RIBEIRO, C.B.; SILVA, D. D. Vazão ecológica e o arcabouço legal brasileiro. Revista Brasileira de Geografia Física. v. 09, n. 01, p. 91-109, Fev. **2016**.
14. REIS, J.F; SOUZA , W.L.C; FILHO, S.L.O.J. Medição da vazão da usina hidrelétrica de roncador. 2011. 92f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Industrial Elétrica) , Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, **2011**.
15. SANTILLI, J. Aspectos Jurídicos da Política Nacional de Recursos Hídricos. 2007, 19p. Série Grandes Eventos- Meio Ambiente. Esc. Sup. do Min. Público da União. Disponível em:< https://www.researchgate.net/publication/267682872aspectosjuridicosdapolitanacionalderecursoshidricosaspectosjuridicosdapolitica_nacionalderecursoshidricos>. Acesso em: 07 jan.**2018**.
16. SANTOS P.V.C.J., CUNHA, A.C. da. Outorga de recursos hídricos e vazão ambiental no Brasil: perspectivas metodológicas frente ao desenvolvimento do setor hidrelétrico na Amazônia. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Rio Grande do Sul, v.18.n.3,p.81-95,jul./set.**2013**.
17. SILVA, E. R. Abordagem multicriterial difusa como apoio ao processo decisório para a identificação de um regime de vazões ecológicas no baixo curso do Rio São Francisco. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana). Universidade Federal da Bahia. Salvador, BA, **2010**.
18. SOUZA C.F. Vazões ambientais em hidrelétricas: Belo Monte e Manso. 2009. 148 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, **2009**.
19. SPERLING, M. Von. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos: princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 2. ed. rev. Belo Horizonte: FCO, **2014**. p. 177.
20. THARME R.E. A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. River Research Applications.v. 19, p. 397–441.**2003**.
21. TENNANT, D. L.; *Instream Flow Regimes for Fish, Wildlife, Recreation and Related Environmental Resources. Fisheries* 1, p. 6-10. **1976**.