

AVALIAÇÃO DA VAZÃO ECOLÓGICA DO PONTO DE VISTA DA QUALIDADE DAS ÁGUAS NA BACIA DO RIO PIABANHA/RJ

Molinari, B.S.^{1}; Azevedo, J. P. S.² & Firmo, H. T.³*

Resumo – As metodologias simplificadas presentes nas legislações estaduais brasileiras para cálculo da vazão ecológica não levam em consideração os possíveis impactos da redução de vazões na qualidade do corpo d'água. A redução da vazão em um trecho pode ter efeitos devastadores no ecossistema da região podendo impossibilitar os múltiplos usos da água. Este trabalho, através da simulação do cenário de vazão de referência proposta pela legislação do estado do Rio de Janeiro, propõe a análise da qualidade da água adotando como parâmetro a Demanda Bioquímica de Oxigênio em um trecho do Rio Piabanha.

Este rio foi escolhido por fazer parte da Bacia do Rio Paraíba do Sul, além de estar localizado na região montanhosa do estado do Rio de Janeiro, tendo grande importância social e econômica, na qual recentemente vêm sendo conduzidos diversos estudos.

A escolha da DBO como parâmetro da análise se deve à constatação de que um dos mais graves problemas de qualidade de água nos corpos d'água brasileiros se deve à carga orgânica lançada nos rios devido à insuficiência no tratamento do esgoto doméstico.

Os resultados mostraram que o conceito adotado atualmente para vazão ecológica pode levar a situações futuras de colapso nas bacias brasileiras, sendo necessária uma discussão mais detalhada do tema no país.

Palavras-Chave – Vazão Ecológica, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Bacia Hidrográfica do Rio Piabanha

ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL FLOW FROM THE WATER QUALITY PERSPECTIVE IN THE PIABANHA WATERSHED/RJ

Abstract – The simplified methodologies adopted in the Brazilian state laws to calculate an ecological discharge do not consider the possible impacts of flow reduction in the water quality. The flow reduction of the flow can cause devastating effects on the ecosystem of the region and also render the multiple uses of this resource impossible. This study, through the simulation of scenarios of the current legislation of the state of Rio de Janeiro, will analyze water quality by adopting the parameter of biological oxygen demand in the Piabanha's river.

This watershed was chosen because it is an important area of the state of Rio de Janeiro, which has a great social and economic importance, where several studies have been conducted recently.

The choice of the BOD as the parameter for this analysis is due to the fact that one of the most serious problems of water quality in the Brazilian water bodies is the organic load discharged into the rivers due to inadequate treatment of sewage.

¹ Estudante de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro – e-mail: biancasm@poli.ufrj.br

² Professor associado, Universidade Federal do Rio de Janeiro - e-mail: zepaulo@coc.ufrj.br

³ Professora adjunta, Universidade Federal do Rio de Janeiro - e-mail: hfirno@poli.ufrj.br

The results showed that the concept adopted today for the ecological discharge can lead to future situations of collapse in Brazilian basins requiring a more detailed discussion of the subject in the country.

Keywords – : Environmental Flow, Biological Oxygen Demand, Piabanha Watershed

INTRODUÇÃO

Acompanhando tendência mundial, os recursos hídricos no Brasil foram estabelecidos como bens públicos de domínio da União, Estados ou Distrito Federal e dotados de valor econômico. Neste novo cenário de preocupação ambiental e hídrica, por ocasião da lei 9.433/97 foram estabelecidos os instrumentos da gestão dos recursos hídricos no país. Apesar de o Brasil possuir uma das legislações mais avançadas do mundo, sua aplicação ainda não é plenamente efetiva.

Ao longo do século XX foram construídas muitas barragens em todo o mundo, com objetivos diversos, como por exemplo, a construção de reservatórios que visam aumentar a disponibilidade de água durante a estiagem ou reduzir os problemas de inundação durante as cheias, e para geração de energia elétrica. Estes reservatórios, embora façam uso não-consuntivo da água, alteram de forma significativa o hidrograma natural do corpo d'água, principalmente as usinas com reservatório ou as usinas do tipo desvio.

No entanto, não só os aproveitamentos hidrelétricos ou a irrigação podem alterar o hidrograma natural do corpo hídrico, como também qualquer outro uso pode afetá-lo direta ou indiretamente. A precariedade do sistema de esgotamento sanitário é um dos principais causadores da deterioração da qualidade das águas nos corpos hídricos, o impacto do uso de água para diluição de efluentes e esgoto doméstico não pode ser negligenciado.

Nesse cenário, a adequada aplicação da outorga como instrumento de gestão se torna indispensável em todas as bacias brasileiras em que a disponibilidade de água não é suficiente para atender às demandas de água em qualidade e quantidade.

Para outorga do uso da água vem se utilizando valores máximos baseados em um valor de referência fixado em função de métodos essencialmente estatísticos. No Rio de Janeiro, é utilizado um percentual da vazão mínima média, com 7 dias consecutivos de duração e tempo de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$), tendo esse critério também sido utilizado em outras legislações estaduais, principalmente do sul e sudeste. Nas legislações estaduais do Norte e Nordeste, adota-se uma porcentagem da vazão na curva de permanência (90 e 95% do tempo).

Por serem essencialmente estatísticas, estas vazões de referência não consideram aspectos ecológicos, que dependem não só de vazões, mas também da qualidade da água. No Brasil, onde em muitas regiões os cursos de água encontram-se com a qualidade da água deteriorada, a estimativa da vazão ecológica por estes métodos pode levar a resultados inadequados podendo ocasionar danos irreversíveis ao ecossistema.

Para avaliação deste problema, esse trabalho propõe a avaliação da qualidade da água, em um trecho do Rio Piabanha como caso de estudo. Como parâmetro de qualidade da água, foi escolhida a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), pois a mesma reflete principalmente os despejos

predominantes de origem orgânica, sendo um importante método de avaliação da carga poluidora utilizada em todo mundo.

BACIA DO RIO PIABANHA

A Bacia do Rio Piabanha é uma das grandes sub-bacias formadoras do Rio Paraíba do Sul e foi escolhida para realização dos estudos propostos nesse projeto. Esta bacia está sendo utilizada para estudos e trabalhos de diversos autores e órgãos, possuindo uma boa quantidade de dados disponíveis, o que favoreceu a sua escolha.

O Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul, aprovado pelo CEIVAP (Comitê de Integração da Bacia do Paraíba do Sul) foi um dos trabalhos utilizados como fonte de informações. Teses e dissertações que abordam e contextualizam a Bacia do Rio Piabanha sob diferentes enfoques, também foram consultadas. Dentre elas, podem-se citar: Gonçalves (2008), Lou (2010) e Paula (2011).

A Bacia do Rio Piabanha tem uma área de drenagem de 2.065 km² e está totalmente contida no estado do Rio de Janeiro, abrangendo quatro municípios fluminenses – Areal, Petrópolis, Teresópolis e São José do Vale do Rio Preto, onde vivem cerca de 488 mil pessoas segundo IBGE, 2007.

A sua ocupação remonta ao período colonial do início do Século XIX. Os principais núcleos urbanos, Petrópolis e Teresópolis, mais recentemente, apresentaram um acentuado crescimento urbano devido a sua proximidade com a capital. Este crescimento, no entanto, foi desordenado, e não houve um aumento adequado de infraestrutura.

Existe uma elevada pluviosidade na região devido à orientação da Serra do Mar, pela localização da bacia em região tropical e pela proximidade da superfície oceânica. Nas encostas íngremes, a pluviosidade média anual ultrapassa os 2.500 mm, como nas cidades de Petrópolis e Teresópolis. Nas proximidades dos municípios de Areal e São José do Vale do Rio Preto, a média pluviométrica decresce abruptamente para 1.300 mm, com períodos secos e déficits hídricos bastante pronunciados (Lou, 2010; Gonçalves, 2008).

O ano hidrológico na Bacia do Piabanha coincide com o da Bacia do Paraíba do Sul. As maiores vazões ocorrem de dezembro a março e as mínimas de julho a setembro. Seu principal curso d'água é o Rio Piabanha, que nasce na serra do mar a 1546 metros de altitude na Pedra do Retiro, em Petrópolis e possui 80 km de extensão, drenando para o trecho médio do Rio Paraíba do Sul.

VAZÃO ECOLÓGICA

O conceito de vazão ecológica surgiu na segunda metade do Século XX, quando os problemas associados ao manejo da água começaram a ser percebidos no meio ambiente. Porém o efetivo desenvolvimento de estudos relativos ao tema deu-se a partir da década de 1970.

Apesar de ser um tema altamente discutido e publicado no cenário acadêmico nacional de gestão dos recursos hídricos, não há legislação federal brasileira que defina o que é a vazão ecológica (fica a cargo das legislações estaduais e municipais estabelecerem parâmetros e termos).

Segundo BERNARDO, 1996 apud J. GONDIM, 2006, vazão ecológica: é a demanda necessária de água a ser mantida num rio de forma a assegurar a manutenção e conservação dos ecossistemas aquáticos naturais, aspectos da paisagem, de interesse científico ou cultural.

Em diversos países, metodologias diferentes são aplicadas para encontrar os valores de vazão mínimos a serem mantidos no corpo hídrico que viabilizem as atividades humanas como geração de energia, abastecimento, irrigação, arrefecimento industrial, recreação, entre outras, garantindo ao mesmo tempo a sobrevivência do ecossistema.

Existem alguns conflitos na implantação de uma vazão ecológica adequada. Um deles está na redução de geração de energia ao se adotar uma vazão necessária para atender às necessidades do ecossistema aquático. Em certos casos, investimentos na melhoria da qualidade de água do trecho sujeito a vazões reduzidas pode ser uma solução que permite conciliar estes dois usos da água.

Há resistência ainda, por parte dos usuários devido à adoção de uma vazão fixa outorgada ao longo do ano, ocasionando uma limitação excessiva do uso dos recursos hídricos. A constatação de que a vazão dos rios supera o valor máximo outorgável em quase todo o tempo desperta nos usuários a sensação de subutilização dos recursos hídricos.

Outra barreira está ligada à aplicabilidade dos métodos existentes para determinação da vazão ecológica. Os métodos aplicados podem ser inadequados à região de estudo, levando a resultados errôneos ou exigir dados de difícil disponibilidade. Ademais, há grande dificuldade de obtenção de dados. Essa carência é ainda maior nas pequenas e médias bacias dos estados brasileiros do Norte-Nordeste. A ausência de dados leva à dificuldade de aplicação, até mesmo de métodos simples, como os hidráulicos e hidrológicos, exigindo considerações que podem falsear os resultados.

QUALIDADE DAS ÁGUAS

O estado do Rio de Janeiro não possui legislação específica de classificação das águas e enquadramento dos seus corpos hídricos utilizando, portanto, o sistema de classificação e as recomendações da resolução CONAMA 357. O artigo 42 desta resolução estabelece que enquanto não forem feitos os enquadramentos, as águas doces serão consideradas como Classe 2. Dessa forma, como ainda não foi realizado o enquadramento dos rios fluminenses da Bacia do rio Paraíba do Sul, dentre eles o Rio Piabanha, o mesmo foi enquadrado nesta classe.

A DBO, que será utilizada como parâmetro para avaliação da qualidade de água, configura-se como a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica biodegradável sob condições aeróbias, avaliando a quantidade de oxigênio dissolvido, que será consumida pelos organismos aeróbios ao degradarem a matéria orgânica. A resolução do CONAMA estabelece um limite máximo para a DBO, que para a Classe 2 é de 5,0 mg/l.

A matéria orgânica presente nos corpos d'água e nos esgotos é uma característica de primordial importância, sendo a causadora do principal problema de poluição das águas: o consumo do oxigênio dissolvido. A presença de alto teor de matéria orgânica pode induzir até mesmo à completa extinção do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida.

RESULTADOS

O modelo computacional de qualidade de água unidimensional e estacionário utilizado neste trabalho foi desenvolvido por Paula, 2011.

Os fenômenos considerados no modelo desenvolvido em planilha Excel são o consumo do oxigênio dissolvido (OD) e a autodepuração das cargas poluidoras carbonáceas que ocorrem ao longo do Rio Piabanha.

O primeiro passo para implantação do modelo foi o conhecimento dos usuários da água no trecho do rio estudado, além dos dados de DBO bruta e tratada declaradas pelos próprios usuários que foram utilizados como dados de entrada no modelo. Para isso, utilizou-se o Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNARH). O CNARH é o primeiro passo e pré-requisito para a solicitação de outorga pelo uso da água e das certidões ambientais de reserva hídrica e uso insignificante de recurso hídrico em bacias federais bem como em bacias fluminenses. Ele inclui informações sobre a vazão utilizada, local de captação, denominação e localização do curso d'água, empreendimento do usuário, sua atividade ou a intervenção que pretende realizar, como derivação, captação ou lançamento de efluentes.

Os dados de vazão inicial foram obtidos através da análise dos diversos postos fluviométricos existentes na bacia. A análise da DBO foi feita para o mês de agosto, mês em que a pluviosidade é baixa, levando o corpo hídrico a situações mais críticas. Os dados foram obtidos junto ao INEA (Instituto Estadual do Ambiente), CPRM (Serviço Geológico Brasileiro) e CETEM (Centro de Pesquisas Minerais).

O trecho escolhido para determinação da vazão ecológica está localizado entre as cidades de Petrópolis e Areal, no estado do Rio de Janeiro. Para cálculo da vazão ecológica foi aplicada a legislação vigente para o Estado do Rio de Janeiro, estado onde está localizada a bacia do rio Piabanha. De acordo com a portaria nº 567 da SERLA, de 07 de maio de 2007, a vazão de referência nesse estado é considerada igual a 50% da $Q_{7,10}$.

Para o cálculo da média móvel histórica das vazões mínimas de 7 dias consecutivos com intervalo de 10 anos de recorrência ($Q_{7,10}$), deve-se dispor de uma série histórica de registros diários. Por intermédio dela, procede-se o cálculo da média móvel de sete dias consecutivos (Q_7). Seleciona-se, então, a menor Q_7 de cada ano, chamada Q_{7m} , formando assim uma nova série de dados. Para se obter a mínima vazão Q_7 correspondente ao período de retorno de 10 anos, a série de valores de Q_{7m} é ajustada a uma distribuição de probabilidades.

Na determinação da $Q_{7,10}$, podem ser utilizadas diferentes distribuições de probabilidades, as quais diferem pelas premissas adotadas e pela complexidade associada à quantidade de parâmetros envolvidos. Nesse estudo, foi empregada a distribuição de Gumbel por ser bastante utilizada em estudos hidrológicos apresentando resultados coerentes para a bacia em estudo.

Um quadro resumo dos resultados obtidos para cálculo das vazões médias mínimas de 7 dias consecutivos com recorrência de 10 anos está apresentado na tabela 1.

Tabela 1 – Quadro resumo das vazões $Q_{7,10}$ obtidas nos postos fluviométricos estudados

Código	Nome	AD (km ²)	$Q_{7,10}$ (m ³ /s)	50% $Q_{7,10}$ (m ³ /s)
58400000	PETRÓPOLIS	43,1	1,04	0,52
58405000	PEDRO DO RIO	413	4,34	2,17
58409000	AREAL - RN	510	4,93	2,47
58440000	MOURA BRASIL	2049	14,49	7,25

A figura 1, apresenta a relação entre a vazão $Q_{7,10}$ e a área de drenagem a partir dos valores nos postos apresentados na tabela 1.

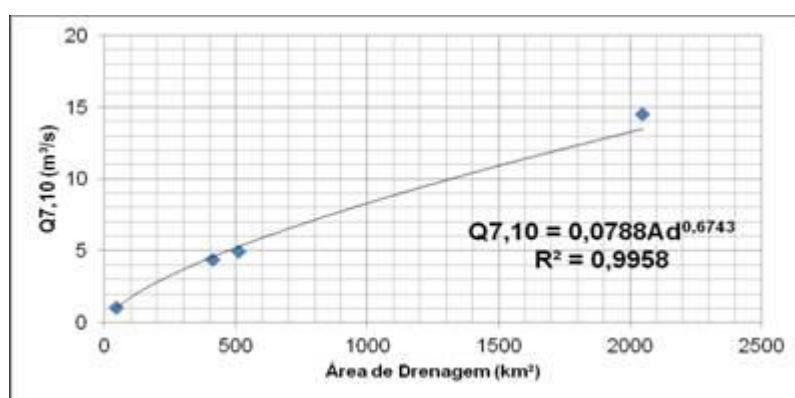


Figura 1 – Relação entre as vazões $Q_{7,10}$ e as áreas de drenagem.

Pode-se observar que os dados obtidos se encontram com adequado nível de consistência visto que a relação entre as vazões e a área de drenagem apresenta bom ajuste. Observou-se através das distribuições de Gumbel que para menores vazões temos maiores distorções para tempos de retorno extremos, no entanto, para o tempo de retorno estudado (10 anos), os valores se mostraram confiáveis.

Para os locais onde não foi feito o cálculo da $Q_{7,10}$, ou seja, onde não havia posto fluviométrico, utilizou-se 50% da vazão encontrada através da relação baseada na área de drenagem encontrada na figura 1. Foram utilizados os dados de DBO obtidas no mês de agosto. Através do modelo, que utiliza fórmulas de mistura e decaimento da matéria carbonácea, foi possível calcular o valor de DBO em cada ponto do rio.

O resultado obtido através do modelo encontra-se na figura 2.

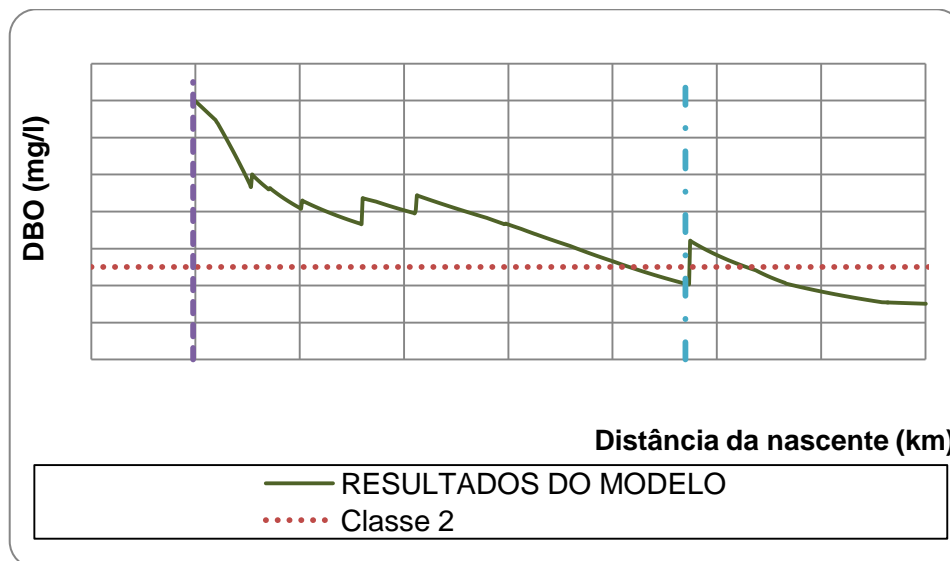


Figura 2 - Resultados de DBO de agosto para 50% da $Q_{7,10}$ ao longo do trecho do Rio Piabanha.

Ou seja, reduzindo-se a vazão no trecho para 50% da $Q_{7,10}$, percebe-se uma situação bem crítica, com violação da classe do rio (DBO maior que 5 mg/l) ao longo de quase todo seu comprimento.

Observa-se coerência nos resultados obtidos com elevação da DBO após os centros urbanos e usuários pontuais ou afluentes. Como no cenário anterior, ao longo do trecho, a matéria orgânica vai sendo degradada e os valores de DBO vão decaindo, mas apenas no trecho final do rio os valores obtidos se encontram inferiores ao máximo permitido.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho indicam que o cálculo de vazões ecológicas sem levar em conta a situação da qualidade da água pode corresponder a um ambiente impróprio para a manutenção do ecossistema aquático. Durante períodos mais secos, a simulação apresentada mostra que os valores de DBO são muito altos, bem acima do máximo permitido pela legislação.

Ao adotar a vazão mínima prescrita na legislação do Estado do Rio de Janeiro (considerando os valores máximos de outorga), os resultados do presente trabalho demonstraram uma clara deterioração do curso d'água em relação à qualidade das águas analisando o parâmetro de DBO. Isso só confirma a precariedade dos métodos adotados atualmente nas legislações estaduais brasileiras.

Esse trabalho relacionou os principais problemas encontrados relacionados à obtenção e aplicação da vazão ecológica atualmente visando aumentar a divulgação do tema no país para que haja a necessária conscientização dos usuários para um uso parcimonioso dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

- a) ANA, Hidroweb. Sistemas de informações hidrológicas. Agência Nacional de Águas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 26 jul. 2011.
- b) CONAMA, Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da União, Brasília - DF, de 8 de março de 2005, nº 53, Seção 1, páginas 58-63. CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente.
- c) COPPE/UFRJ (2006). Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – Caderno de Ações da Bacia do Rio Piabanha. In: Relatório Contratual R-10, elaborado como parte dos documentos que compõem o Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Paraíba do Sul, ANA, LabHid COPPE/UFRJ, Fundação COPPETEC.
- d) GONÇALVES, R.C. (2008). *Modelagem hidrológica do tipo chuva-vazão via SMAP e TOPMODEL - Estudo de Caso: Bacia do Rio Piabanha/RJ*. Dissertação de M.Sc, Curso de Engenharia Civil – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- e) IBGE, Contagem da população. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística em 2007. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/contagem.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2011
- f) J. GONDIM. (2006). Apresentação na 51ª Reunião da CTAP – Câmara Técnica de Análise de Projetos do CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos.
- g) LOU, R.F. (2010). *Modelagem hidrológica chuva-vazão e hidrodinâmica aplicada na Bacia Experimental do Rio Piabanha/RJ*. Dissertação de M.Sc, Curso de Engenharia Civil – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- h) Molinari, B.S. (2011). *Avaliação da vazão ecológica do ponto de vista da qualidade das águas na bacia do rio Piabanha/RJ*. Trabalho final de curso, Curso de Engenharia Civil, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- i) Paula, T.P. (2011). Diagnóstico e Modelagem Matemática da Qualidade da Água em Trecho do Rio Piabanha/RJ. Tese de M. Sc. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- j) ROSMAN, P. C. C., MASCARENHAS, F. C. B., MIGUEZ, M. G., CAMPOS, R.O. G., EIGER, S. (1997). *Subsídios para modelagem de sistemas estuarinos*. In: Métodos numéricos em recursos hídricos, 1 ed., capítulo 3. Rio de Janeiro, Brasil, Associação Brasileira de Recursos Hídricos.
- k) SPERLING, M. V. (2005). *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*, 3 ed., vol. 1. Belo Horizonte, Brasil, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG.