

### **ANÁLISE CRÍTICA DA CURVA DE PERMANÊNCIA DE QUALIDADE DA ÁGUA COM BASE EM DADOS HISTÓRICOS**

*Yara Formigoni;<sup>1</sup> Ana Paula Brites<sup>2</sup>; Cristovão Fernandes<sup>3</sup> e Monica Porto<sup>4</sup>*

**RESUMO** – As curvas de permanência da qualidade da água são ferramentas desenvolvidas para auxiliar no processo de gestão da qualidade da água no que tange o planejamento de ações, a fiscalização, a fácil visualização da condição qualitativa e as tendências do corpo hídrico. Neste trabalho são apresentadas duas metodologias de curvas de permanência de qualidade, formuladas com base nos dados de monitoramento da bacia hidrográfica. Estas curvas trazem maneiras diferenciadas de análise da qualidade e portanto, informações complementares ao processo de gestão. A curva de permanência da qualidade de água formulada com base na frequência dos dados de monitoramento, apresenta uma visão geral da bacia, sem considerar processos que possam interferir nos resultados da qualidade. Já a curva de permanência de qualidade atrelada aos dados de vazão, metodologia validada por Brites (2010), mostra a qualidade da bacia em função das variações de vazão. Esta análise integra qualidade e quantidade hídrica e se faz fundamental ao processo de gestão, podendo indicar tendências das cargas poluidoras na bacia. Este estudo foi realizado na bacia do Alto Iguaçu, região metropolitana de Curitiba no estado do Paraná. Bacia cuja série histórica de monitoramento foi considerada robusta o suficiente para a aplicação dos métodos propostos.

**ABSTRACT** - The permanence curves of water quality are tools developed to assist in the management of water quality in relation to action planning, supervision, easy viewing of the qualitative condition and trends of the water body. This paper presents two methods for quality permanence curves, formulated based on monitoring data of the basin. These curves bring different ways of assessing the quality and therefore, complementary information to the management process. The permanence curve of water quality formulated based on the frequency of monitoring data, presents an overview of the basin, without regard to intervening processes in quality. As for the permanence curve of water quality tied to the flow data, methodology validated by Brites (2010), shows the quality of the basin as a function of variations in flow. This analysis integrates quality and quantity, essential in management process and may indicate trends of pollutant loads in the basin. This study was conducted in the basin of Alto Iguaçu, metropolitan region of Curitiba in the State of Parana. Basin whose series of monitoring was considered robust enough for the application of the methods.

**Palavras-Chave** – Qualidade da água, curva de permanência e monitoramento integrado.

---

<sup>1</sup> Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental da USP. Pesquisadora do Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. Av. Prof. Almeida Prado, 83 trav. 2, Cidade Universitária, Cep 05508-900, São Paulo/SP. E-mail: yara.formigoni@usp.br

<sup>2</sup> Doutora pela EPUSP, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. E-mail: ana.brites@fcth.br

<sup>3</sup> Professor da UFPR, Departamento de Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental. E-mail: cris.dhs@ufpr.br

<sup>4</sup> Professora Titular da EPUSP, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. Email: mporto@usp.br

## 1. INTRODUÇÃO

Os avanços obtidos na gestão de recursos hídricos no Brasil nas últimas décadas são evidentes, onde destaca-se a criação da Política e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos com a promulgação da Lei Federal 9.433 em 8 de janeiro de 1997.

A Lei 9.433/97 introduziu aspectos e conceitos fundamentais para o processo de gestão, tais como a indissociável ligação entre a qualidade e quantidade de água, a integração entre a gestão de recursos hídricos e ambiental, e o estabelecimento dos instrumentos de gestão para sua efetivação. No entanto, na prática o que se tem observado são algumas dificuldades para implementar os instrumentos de forma integrada.

Observa-se que o processo de gestão no Brasil necessita de mais ações de planejamento, permitindo a otimização dos investimentos visando à correta priorização das ações e definição de metas realizáveis.

Neste cenário de planejamento é de fundamental importância o monitoramento integrado da quantidade e qualidade da água para o processo de gestão, uma vez que o monitoramento fornece uma base sólida de informações sobre o comportamento atual e tendencial dos corpos hídricos, sem o qual não é possível aplicar as medidas de gestão.

A junção de dados de qualidade com dados de vazão tem extrema importância para a interpretação realista do corpo hídrico analisado. A análise conjunta de tais dados permite visualizar as alterações de qualidade no corpo hídrico de acordo com os períodos secos e úmidos sendo, portanto de grande valia no processo de gerenciamento dos recursos hídricos. Entender o comportamento de parâmetros relevantes para a qualidade do trecho hídrico em diferentes períodos é alternativa de planejamento de ações de despoluição e conseqüente economia de recursos.

A qualidade da água é intrinsecamente relacionada à vazão, graças a processos como a diluição das cargas poluentes. Em locais com lançamentos pontuais de efluentes a qualidade da água, por exemplo, apresentará níveis melhores em períodos que a vazão se encontre em níveis máximos e níveis de qualidade inferiores para vazões mínimas. Outra relação da qualidade de água com a vazão se dá por meio das cargas advindas de fontes difusas. As águas de escoamento superficial trazem consigo cargas que podem ser prejudiciais ao meio. Ou seja, a qualidade das águas pode ser prejudicada tanto em períodos secos como em períodos chuvosos.

Neste sentido existe a necessidade que a gestão de recursos hídricos considere a quantidade hídrica para se avaliar a qualidade do corpo hídrico. Na legislação brasileira o instrumento enquadramento de corpos hídricos em classes segundo seu uso preponderante vem para responder esta necessidade. Através do estabelecimento de parâmetros de qualidade hídrica com base em uma vazão de referência.

Regiões críticas quanto à disponibilidade hídrica, especialmente quanto à qualidade dos trechos hídricos, têm a necessidade de melhorar suas ferramentas e análises no sistema de gestão hídrica a fim de atender sua demanda qualitativa e quantitativamente.

Por outro lado, instrumentos de gestão, como o enquadramento dos corpos hídricos, necessitam de ferramentas que indiquem o comportamento e o atendimento das concentrações dos parâmetros de qualidade às metas estabelecidas, para isso as chamadas curvas de permanência da qualidade da água podem ser úteis para o processo.

Um dos grandes problemas de grandes regiões metropolitanas no Brasil é a alta quantidade de efluente gerado pelo esgoto domiciliar, principal fonte de matéria orgânica nas águas naturais. No Brasil o sistema de saneamento não atende a totalidade da população. A população urbana tem em média 50,6% do esgoto coletado e apenas 34,6% de tratamento do esgoto (SNIS, 2008). Tais índices resultam em baixa qualidade dos corpos receptores destes efluentes. Um dos parâmetros utilizados para o cálculo de matéria orgânica nas águas é a demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Na legislação brasileira, segundo a Resolução CONAMA 357/2005 os níveis de DBO no trecho hídrico variam de acordo com a classe de enquadramento do rio tendo valores de 3 a 10mg/L. Estes valores podem ser elevados em águas doces de classes 2 e 3, caso o estudo da capacidade de autodepuração do rio mostre que as concentrações mínimas de oxigênio Dissolvido (OD) serão obedecidas.

No presente trabalho as curvas de permanência dos dados de monitoramento de DBO e OD da região metropolitana de Curitiba foram analisadas conjuntamente com os dados da permanência de vazão no mesmo trecho e, assim, foi verificado o comportamento destes parâmetros de qualidade em diferentes vazões. Esta análise contribui para a utilização sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade, conforme estabelece a Lei nº 9.433/97 em suas diretrizes de ação para a implementação da PNRH.

## **2. OBJETIVO**

O objetivo do presente trabalho é analisar o comportamento e a aplicabilidade das curvas de permanências de qualidade da água obtidas através de dois métodos, sendo um deles associado à frequência de vazão, conforme metodologia apresentada por Brites (2010), porém utilizando a série histórica de quantidade e qualidade da água, e outro baseado na série histórica de qualidade da água.

## **3. A CURVA DE PERMANÊNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA**

A curva de permanência da qualidade da água permite observar o comportamento de determinada variável indicativa da qualidade ao longo do tempo, trazendo uma nova perspectiva ao

processo de gestão dos recursos hídricos, baseando suas ações na porcentagem de tempo do atendimento da qualidade do rio (Brites, 2010).

O conceito da curva de permanência da qualidade da água surgiu no projeto “Bacias críticas: bases técnicas para a definição de metas progressivas para seu enquadramento e a integração com os demais instrumentos de gestão”, realizado em parceria entre a Universidade de São Paulo e a Universidade Federal do Paraná, o qual contou com o financiamento da FINEP/CT-HIDRO.

Brites (2010) definiu uma metodologia para a formulação da curva de permanência da qualidade de água com o objetivo de analisar o atendimento ou não das metas do enquadramento de corpos hídricos em classe de uso. A utilização da curva de permanência da qualidade da água foi baseada na possibilidade de associar valores de vazão a valores de concentração dos parâmetros de qualidade da água, e, desta forma, relacionar estas concentrações a uma probabilidade de ocorrência.

Brites (2010) aplicou uma análise estatística que indicou a possibilidade desta utilização e, assim sendo, desenvolveu um método que fornece a probabilidade de ocorrência da qualidade da água a partir de quatro cenários de vazão de referência. Como resultado obtêm-se a curva de permanência de qualidade de água baseada em vazões relevantes ao processo de formulação do enquadramento de corpos d'água.

Destaca-se que para o processo de gestão de recursos hídricos, sob a óptica da gestão da qualidade da água, pode ser mais conveniente a adoção de um conjunto de vazões de referência que reflitam cenários de seca e cheia ocorridos na bacia e, assim, vincular estas vazões à qualidade da água.

As variáveis da qualidade hídrica elencadas para a formulação das curvas foram a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Oxigênio Dissolvido (OD).

A DBO é uma variável de qualidade que permite quantificar indiretamente a matéria orgânica presente no corpo d'água ou o seu potencial poluidor. A matéria orgânica presente nos esgotos é a causadora principal do problema da poluição das águas, pois ela é responsável pelo consumo, por meio dos microorganismos decompositores, do oxigênio dissolvido na água. A DBO pode ser de origem natural (advinda de vegetais, animais e microorganismos), ou de origem antropogênica, como de despejos domésticos e industriais (Von Sperling, 1996). Em locais afetados pela poluição pode existir relação entre a qualidade e quantidade hídrica. A concentração de DBO está relacionada inversamente à vazão do corpo hídrico (USP/UFPR, 2007; Machado et al, 2007; Brites, 2010).

O OD indica a qualidade ambiental do corpo hídrico. É um parâmetro de fundamental importância em análises de qualidade da água, pois se encontra diretamente relacionado com a manutenção da vida dos organismos aeróbios, que habitam o meio aquático. O OD se reduz ou

desaparece, quando a água recebe grandes quantidades de substâncias orgânicas biodegradáveis, tornando-se um dos principais parâmetros de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos.

Baseado no conceito de curva de permanência da qualidade, o presente trabalho tem por objetivo a fácil visualização da condição da qualidade da água em determinado trecho hídrico associada a sua vazão. A formulação da curva de permanência, proposta no presente trabalho, só pode ser realizada com dados robustos e frequentes de monitoramento. Trata-se da importância da análise dos dados de monitoramento de qualidade, neste trabalho apresentados na forma da curva de permanência da qualidade, com os dados de monitoramento da vazão, de forma a identificar as tendências de poluição da bacia, base para o processo de gestão.

A curva de permanência da qualidade baseada nos dados de monitoramento e atrelada a vazão descreve o comportamento da qualidade do rio monitorado sob influência de fatores externos. A partir destes dados e com outras informações sobre a bacia pode-se ter ideia de como a qualidade da água responde a diferentes vazões e programar ações de controle e despoluição. A curva de permanência da qualidade da água representa uma ferramenta de auxílio para o processo de gestão de recursos hídricos.

Este artigo apresenta a aplicabilidade de dois métodos distintos de obtenção de curvas de permanência de qualidade, as quais possuem diferentes utilidades de relevante importância.

A curva de permanência da qualidade de água obtida através da associação da concentração do parâmetro de qualidade à frequência da vazão pode ser útil para o processo decisório quanto à definição de medidas de controle da poluição. Por sua vez, a curva de permanência baseada na série histórica de monitoramento apresenta-se uma forma oportuna para o processo de acompanhamento do enquadramento dos corpos hídricos em longo prazo.

## **4. METODOLOGIA**

Este estudo partiu da elaboração de dois tipos de curva de permanência de qualidade da água para os parâmetros OD e DBO, ambas obtidas através da série histórica, porém por métodos distintos. Um dos métodos considera a análise integrada entre quantidade e qualidade e o outro apenas a qualidade. Os processos de obtenção destas curvas são descritos a seguir.

### **4.1. Curva de permanência associada à frequência de vazão**

Para obtenção destas curvas partiu-se da possibilidade de associar as concentrações dos parâmetros de qualidade da água às frequências das vazões, sendo estes dados monitorados integralmente. Esta utilização foi validada por Brites (2010) quem propôs um método para

obtenção da permanência da qualidade da água a partir de simulação matemática utilizando quatro cenários de vazões de referência.

O presente estudo partiu desta validação e analisou a série histórica completa dos dados de vazão, a qual possui dados de qualidade correspondente. Os dados de vazão foram ordenados em forma decrescente, neste processo expandiu-se a seleção para que as concentrações não perdessem sua correspondência de vazão. Assim sendo, foi obtida a frequência de ocorrência de vazão.

Com esses dados em mãos, deixaram-se de lado as vazões ordenadas e construiu-se o gráfico correspondente às concentrações de DBO e OD associadas às frequência, no caso das vazões.

#### **4.2. Curva de permanência a partir da série histórica de qualidade da água**

Esta curva de permanência foi obtida a partir da análise da série histórica das estações de monitoramento. Destaca-se que nesta análise não foram utilizados os dados de vazão, ou seja, a curva de permanência foi desenvolvida apenas com os dados de concentração, os quais foram ordenados e, assim, foi obtida sua frequência de ocorrência.

### **5. ÁREA DE ESTUDO**

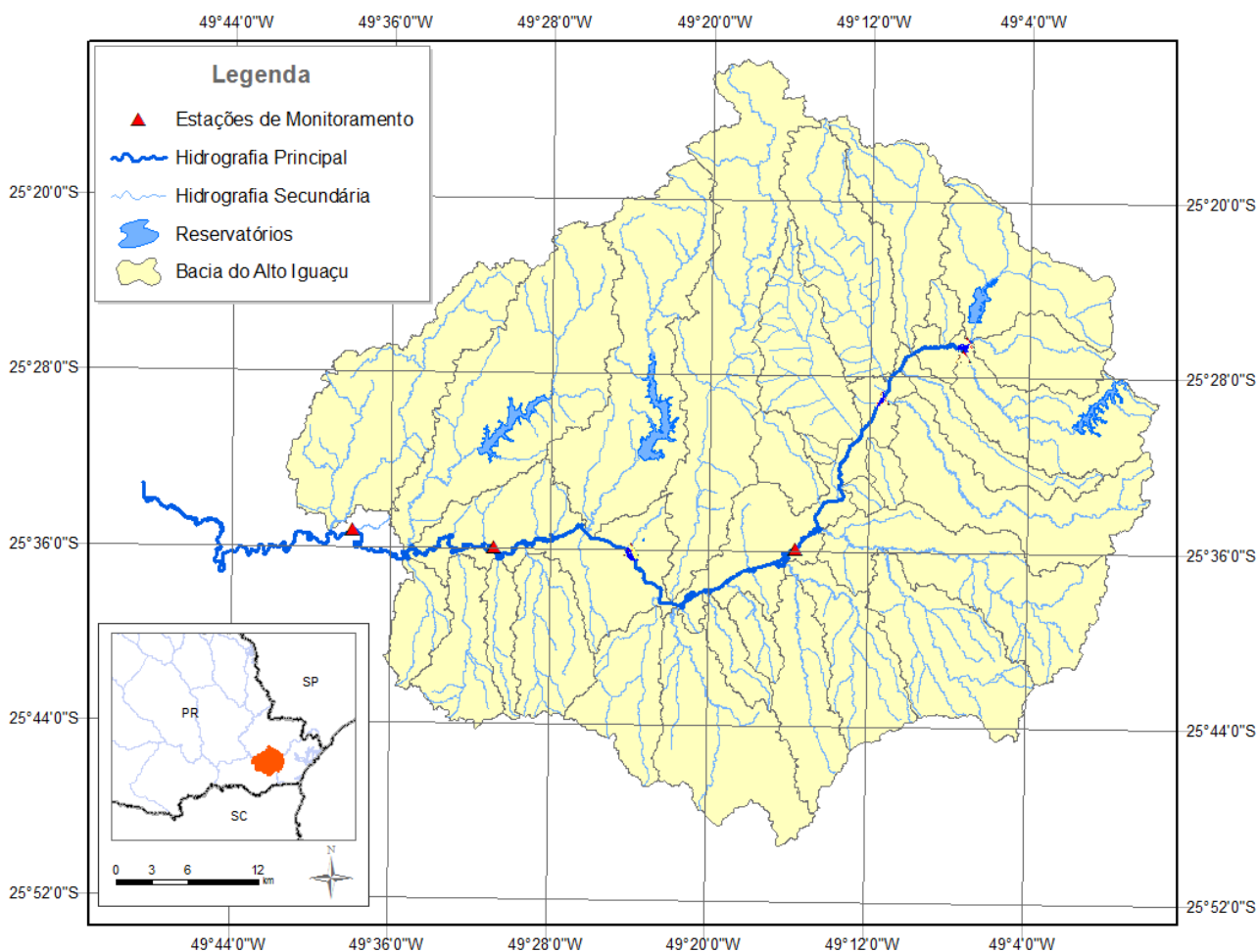
A bacia do Alto Iguaçu, na região metropolitana de Curitiba, estado do Paraná, tem suas nascentes junto a Serra do Mar, cujo rio principal, estende-se por aproximadamente 90 km, até o limite da Região Metropolitana de Curitiba com uma área de drenagem de cerca de 2.800 km<sup>2</sup>. A **Figura 1** indica a localização da Bacia do Alto Iguaçu e os pontos de monitoramento da baica utilizados neste artigo.

A bacia do Alto Iguaçu pode ser considerada uma bacia privilegiada em termos de estações de monitoramento, uma vez que ao longo do rio principal existem seis estações que monitoram a quantidade e qualidade da água. Cabe destacar a importância destes dados para o processo de gestão de recursos hídricos, onde estes são fundamentais para a formação de uma base de dados que indique o comportamento das características do corpo hídrico em termos de quantidade e qualidade da água.

A bacia do Alto Iguaçu vem sendo objeto de estudo de uma parceria entre a USP e a UFPR, durante o período de 2005 a 2007 com o projeto “Bacias Críticas: Bases Técnicas para a definição de Metas Progressivas para seu Enquadramento e a Integração com os demais Instrumentos de Gestão” e atualmente com o projeto Integra “Avaliação dos instrumentos dos instrumentos de gestão (outorga de lançamento e enquadramento de corpos hídricos) em duas bacias críticas”. Estes estudos têm contribuído significativamente para o avanço da gestão de recursos hídricos no País.

A bacia é constituída por 26 afluentes principais, sendo eles: Atuba, Belém, Barigüi, Cambuí, Canal Paralelo, Cotia, Despique, Divisa, Faxinal, Iraí, Iraizinho, Isabel Alves, Itaqui, Mascate, Maurício, Miringuava, Miringuava Mirim, Padilha, Palmital, Passaúna, Pequeno, Pianduva, Piraquara, Ressaca, Verde e Rio das Onças.

A população pertencente à bacia é de aproximadamente 3 milhões de habitantes distribuídos em 14 municípios. A bacia em estudo concentra cerca de 25% da população total e 30% da população urbana do estado, com baixos índices de atendimento e tratamento de esgoto (USP/UFPR, 2007). O estado do Paraná coleta em média 40,1 e 70% de seu esgoto gerado e a média de tratamento de esgoto para a região Sul do Brasil é de 31,1% (SNIS, 2008).



**Figura 1 - Mapa de localização da Bacia do Alto Iguaçu**

## 6. RESULTADOS

Este Capítulo apresenta os resultados das curvas de permanência obtidas através dos dois métodos propostos, sendo eles a partir da associação das concentrações dos parâmetros de qualidade e a partir da série histórica das estações de monitoramento.

Para a formulação das curvas de permanência no presente estudo foram utilizados os dados de monitoramento de vazão, DBO e OD do Instituto Ambiental do Paraná (IAP) referente a três estações de monitoramento localizadas na bacia do Alto Iguaçu, região metropolitana de Curitiba – Paraná.

### 6.1. Ponte Umbarazinho

As curvas de permanência de vazão da estação de monitoramento Ponte do Umbarazinho foram elaboradas com dados de monitoramento do período de 1993 a 2010. Tal trecho do rio Iguaçu tem classe de enquadramento 3, com limite de DBO de até 10 mg/L e de OD superior a 4 mg/L.

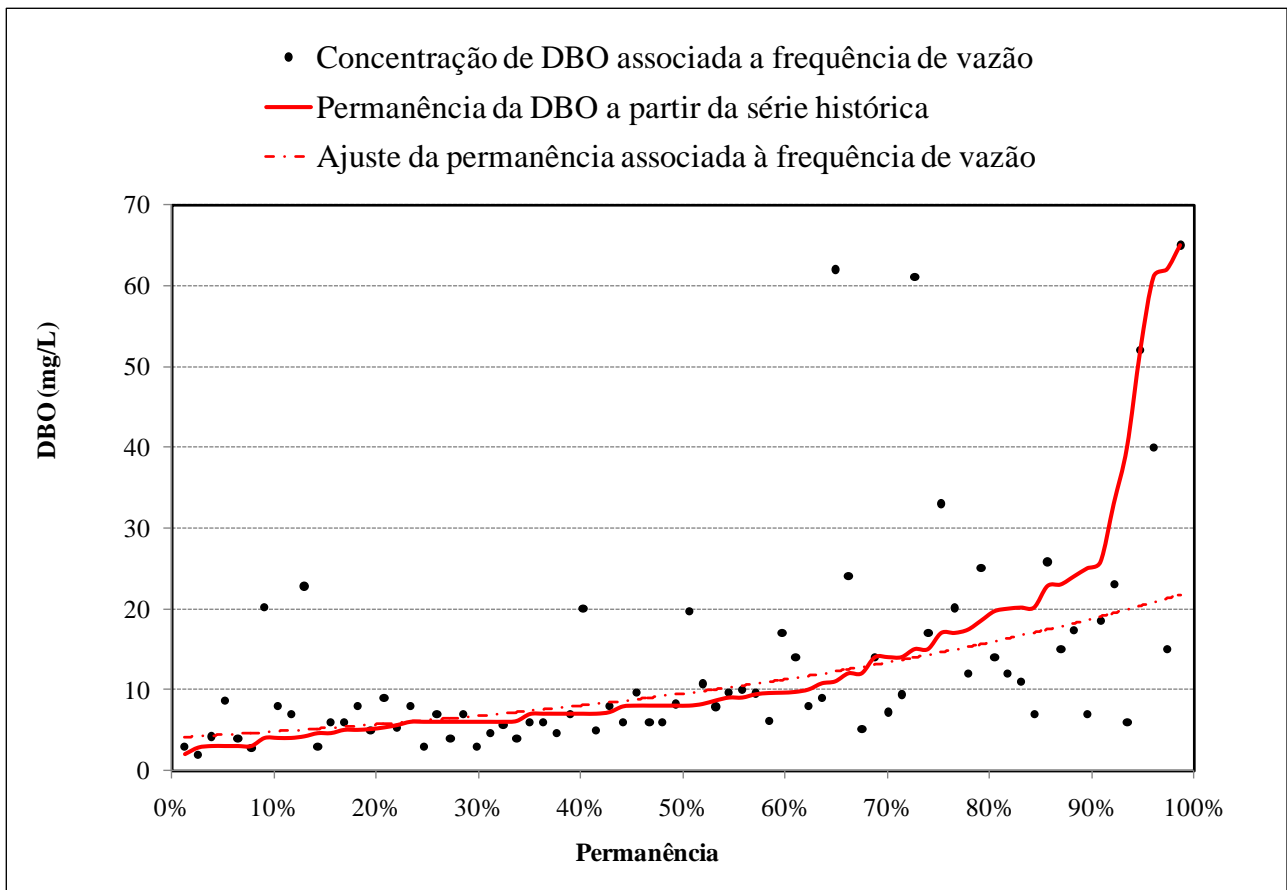
A **Figura 2** mostra as curvas de permanência de DBO obtidas para os métodos analisados. Observa-se que o comportamento tendencial das curvas é semelhante, algumas diferenças são visualizadas e podem ser explicadas pelos conceitos distintos associados à cada curva, conforme já discutido.

A curva representada pelo ajuste da permanência associada à frequência da vazão foi obtida através do ajuste exponencial dos dados representados pelas concentrações de DBO associadas às frequências das vazões. A curva de permanência obtida a partir da série histórica foi calculada através da ordenação dos dados observados no monitoramento.

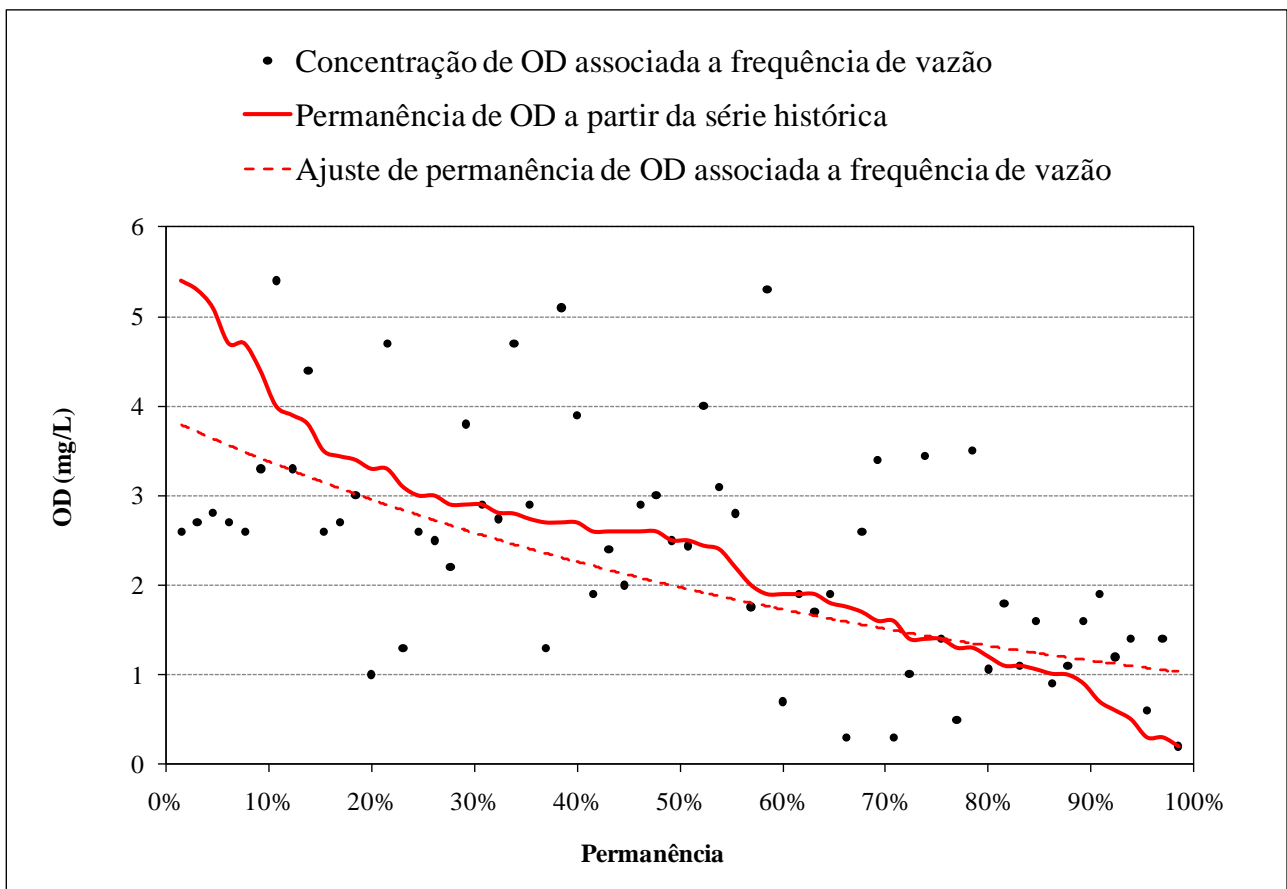
Conforme a **Figura 2**, o atendimento à classe de enquadramento a partir da curva associada às frequências de vazão foi equivalente à 53% e a partir da curva relacionada à série histórica, sem associação com os dados de vazão, foi 62%.

A **Figura 3** apresenta resultados semelhantes para as duas curvas formuladas, porém não houve atendimento a classe de enquadramento na curva associada às frequências de vazão e a partir da curva relacionada à série histórica, o OD atendeu a classe em 10% do tempo. Nesta Figura é possível observar uma maior dispersão entre as concentrações do parâmetro, explicada pelos diversos fatores que causam alterações do OD.





**Figura 2 - Curva de Permanência do Parâmetro DBO do Posto Umbarazinho**

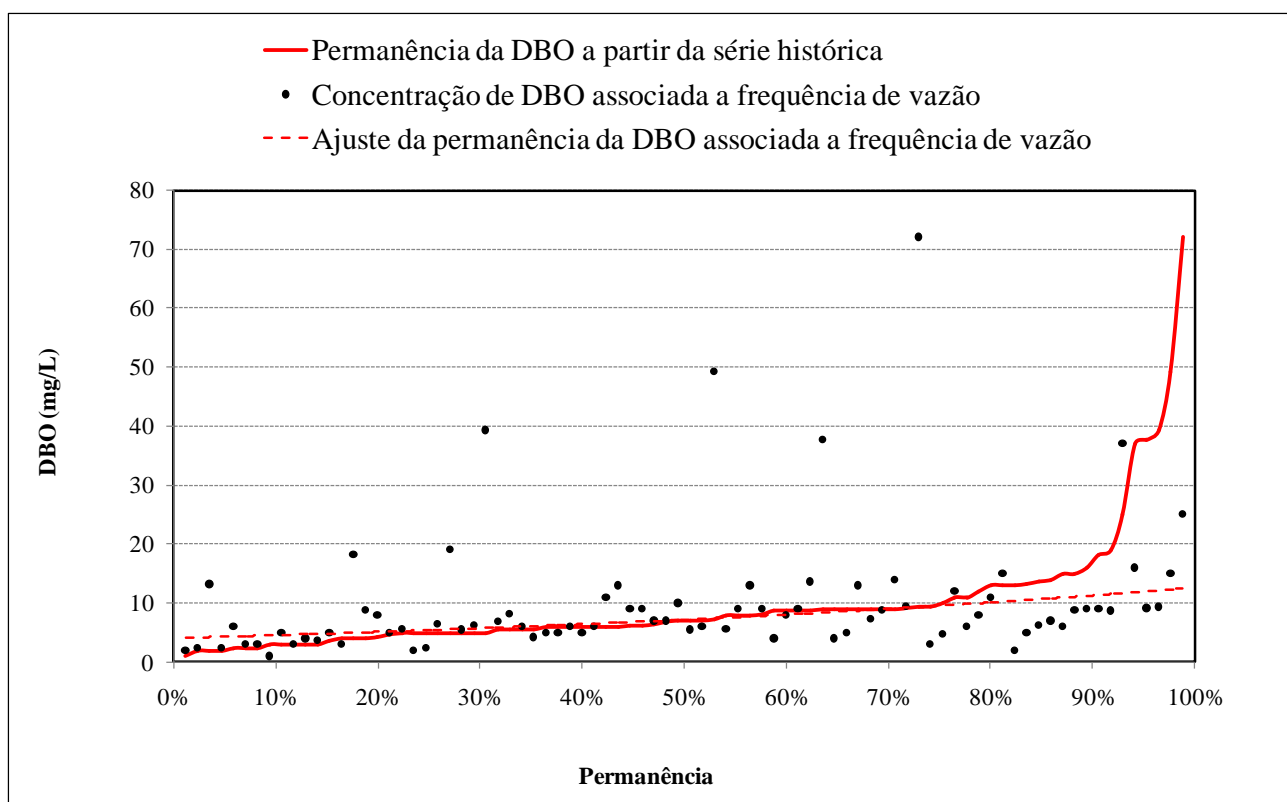


**Figura 3 - Curva de Permanência do Parâmetro OD do Posto Umbarazinho**

## 6.2. Ponte do Guajuvira

Este estudo utilizou para a formulação das curvas de permanência da qualidade da estação Ponte do Guajuvira dados do período de 1987 a 2010. Tal trecho do rio Iguaçu tem classe de enquadramento 3.

Na **Figura 4** a concentração de DBO apresenta resultados semelhantes para as duas curvas formuladas. Na curva associada às frequências de vazão, a DBO tem conformidade ao enquadramento em 85% do período e nos períodos de desconformidade a DBO chega ao máximo de 13mg/L, por ser um ajuste exponencial dos dados produzidos pelo monitoramento. Já na curva relacionada à série histórica, a DBO tem conformidade ao enquadramento em 77% do período e na desconformidade atinge pico acima de 70mg/L. A curva de permanência de qualidade baseada na série histórica, traz para a análise todos os dados disponíveis e alguns eventos extremos podem estar representados e alterar a percepção da tendência no corpo hídrico.



**Figura 4 - Curva de Permanência do Parâmetro DBO do Posto Guajuvira**

A **Figura 5** indica as curvas de permanência para o parâmetro OD, onde observa-se que na curva associada às frequências de vazão, o OD não atende ao enquadramento em período algum, já na curva relacionada à série histórica, o OD tem conformidade ao enquadramento em 5% do período.

Neste ponto de monitoramento pode-se perceber a variação da conformidade ao enquadramento para os parâmetros OD e DBO. Tal fato evidencia a necessidade de um monitoramento robusto e voltado aos usos prioritários da bacia. As variáveis indicativas de qualidade hídrica OD e DBO são essenciais à determinação dos níveis de qualidade hídrica, mas têm importâncias diferenciadas de acordo com o uso que o corpo hídrico assume. O OD por exemplo, pode ter relevante importância em ambientes em que se espere a preservação de vida aquática.

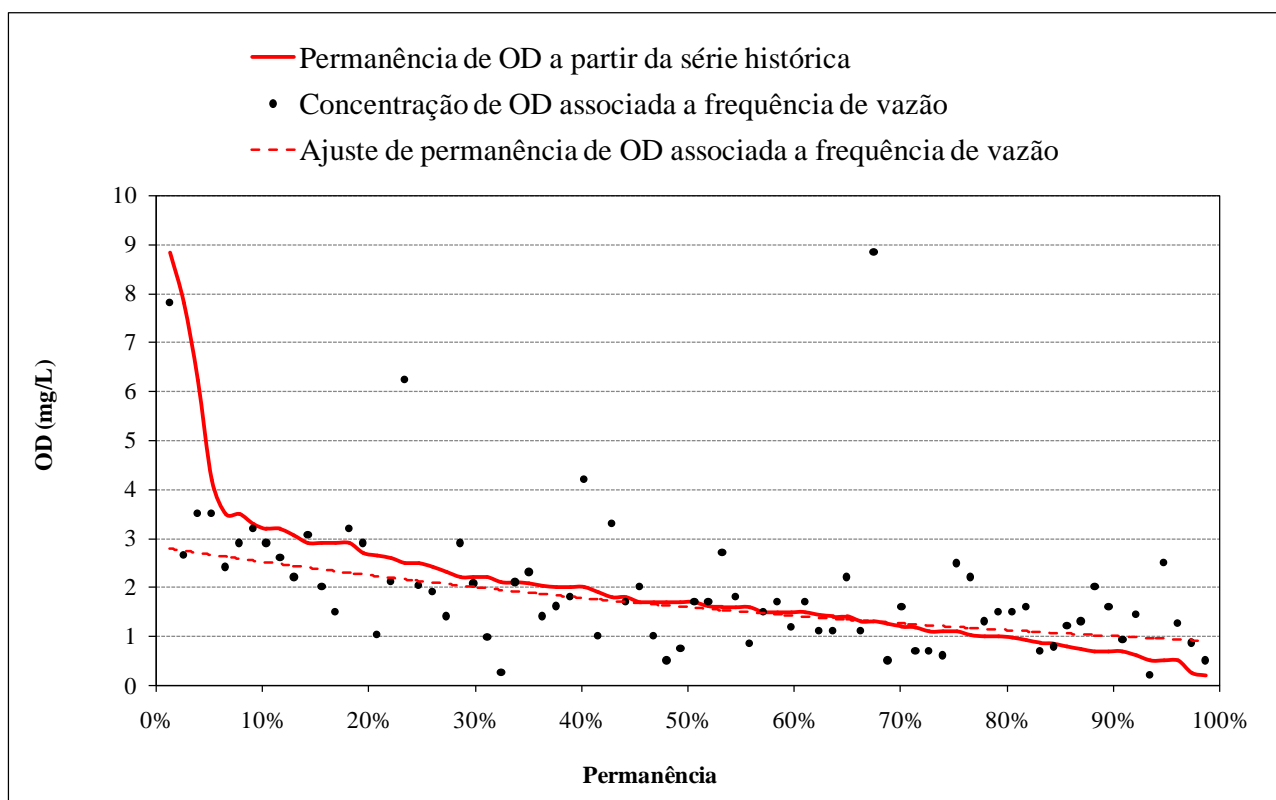


Figura 5 - Curva de Permanência do Parâmetro OD do Posto Guajuvira

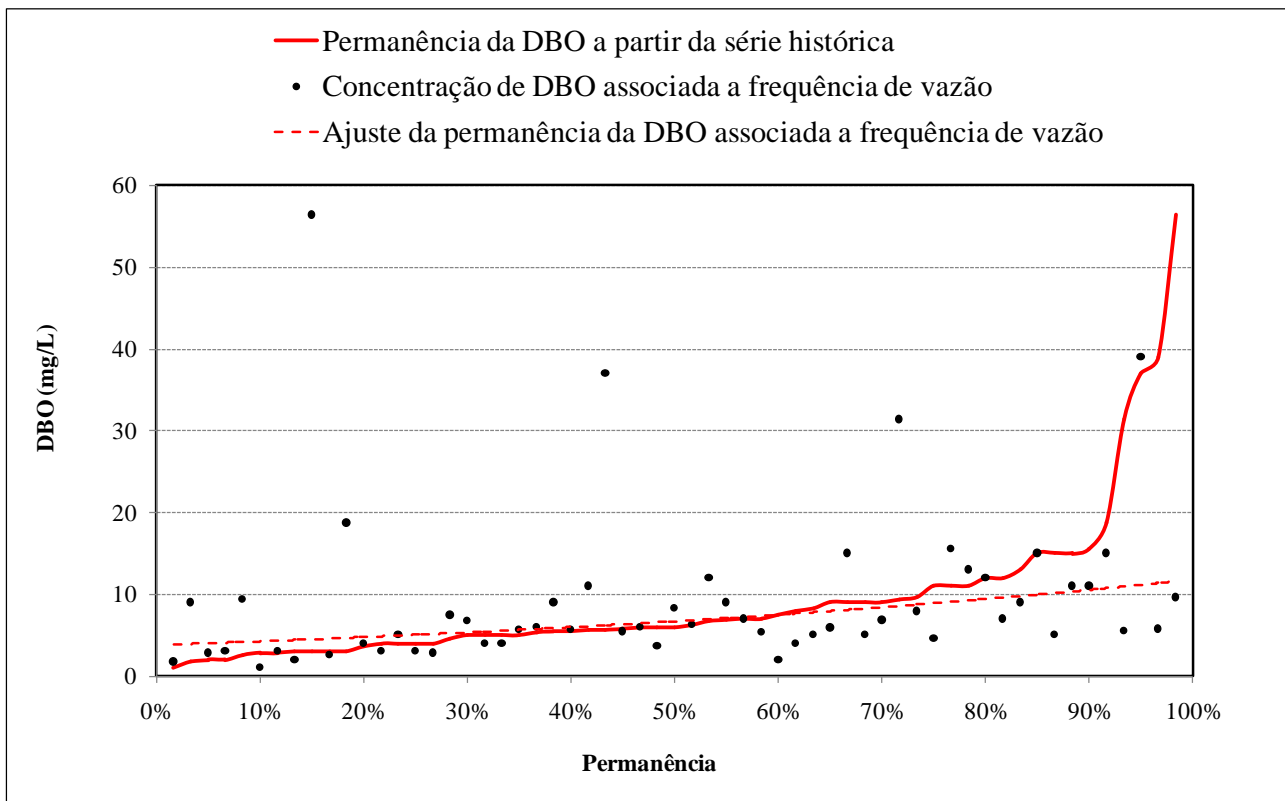
### 6.3. Balsa Nova

A curva de permanência de vazões do ponto de monitoramento Balsa Nova foi construída com dados que abrangem o período de 1993 a 2010. Este trecho do rio Iguazu te classe de enquadramento 4 e portando pela Resolução CONAMA 357/2008 não possui limite de concentração para a variável DBO.

A **Figura 6** apresenta as curvas de qualidade formuladas para a DBO e indica que a curva de qualidade formulada a partir da série histórica e a associada à série de vazão apresentam comportamento semelhante.

A **Figura 7** apresenta as curvas de qualidade formuladas para a OD. As curvas possuem tendências semelhantes, porém a curva associada à frequência de vazão não consegue abranger os picos de variação da OD no período monitorado.

A curva associada à frequência de vazão aponta o OD sempre acima do limite da classe 4, que é de 2mg/L, já na curva elaborada a partir da série histórica, o OD não atende ao enquadramento em 15% do período.



**Figura 6 – Curva de Permanência do Parâmetro DBO do Posto Balsa Nova**

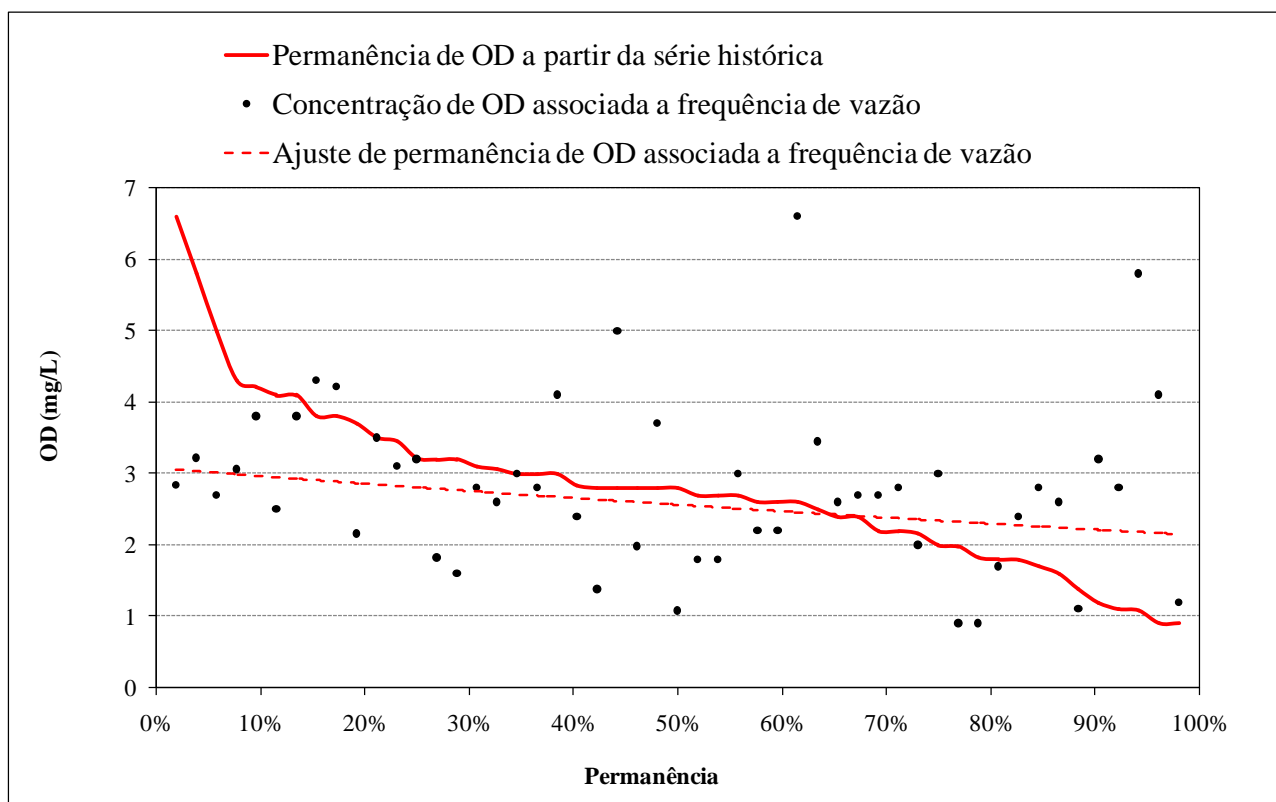


Figura 7 – Curva de Permanência do Parâmetro OD do Posto Balsa Nova

## 7. CONSIDERAÇÕES

Este artigo analisou a utilização das curvas de permanência da qualidade da água, as quais vêm sendo empregadas para auxiliar os processos de gestão de qualidade da água. A utilização deste conceito apresenta vantagens para a gestão da qualidade da água e representa o papel integrador entre o processo de gestão ambiental e de recursos hídricos, o qual fornece diretrizes para o processo de planejamento, fiscalização e monitoramento dos órgãos licenciadores, formulação de critérios de penalidades. Assim como, para os instrumentos de gestão de recursos hídricos, como a outorga de lançamento de efluentes e a cobrança pelo uso dos recursos hídricos.

As curvas de permanência de qualidade analisadas neste artigo foram obtidas (1) através da associação dos parâmetros de qualidade às frequências de vazão observadas nas estações de monitoramento e (2) a partir da série histórica das concentrações dos parâmetros de qualidade. Este artigo indicou as diferentes utilizações destas curvas, tendo em vista seus distintos enfoques conceituais, sendo úteis para o processo de gestão, tanto nas etapas decisórias quanto verificação da eficácia das ações.

A curva de permanência de qualidade associada às frequências das vazões mostra-se um importante instrumento de gestão uma vez que possibilita a análise integrada de quantidade e

qualidade da água e com isso permite o estabelecimento de medidas de controle de carga poluente em função do risco de atendimento aos padrões de qualidade compatíveis com os usos da água.

A curva de permanência de qualidade obtida a partir da série histórica do monitoramento de qualidade consideram a natureza aleatória das concentrações e mostram-se eficientes para o acompanhamento das etapas implantadas no controle da poluição.

Este artigo destaca a importância do monitoramento para auxiliar o processo de gestão de recursos hídricos e melhoria da qualidade da água, sem o qual este estudo não teria sido realizado.

Os dois métodos de obtenção das curvas de permanência da qualidade da água possuem características distintas, porém ambas importantes para serem aplicadas no processo de gestão da qualidade da água e aplicação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Brasília, 2005.

\_\_\_\_\_. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2008. – Brasília: MCIDADES.SNSA, 2010. 408 p.:

BRITES, A. P. Z.. Enquadramento dos corpos de água através de metas progressivas: probabilidade de ocorrência e custos de despoluição hídrica. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária São Paulo, 2010. 177 p.

MACHADO, F. W.; SCHIMIDT, F.A.; FERREIRA T. N.; FERNANDES, C. V. S; PORTO, M. F. A. Método simplificado para relacionar concentração de DBO, vazão e os conceitos de permanência e risco. In Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, São Paulo, 2007.

USP/UFPR. Relatório do Projeto Bacias Críticas: bases técnicas para a definição de metas progressivas para o seu enquadramento e a integração com os demais instrumentos de gestão. São Paulo: FINEP/CTHIDRO, 2007.

VON SPERLING, M. (1996) “Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos”. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG, 1996. 246p.