

## IV-053 – DESAFIOS DA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: UM OLHAR SOBRE O MONITORAMENTO AMBIENTAL DE RIOS

**Vanessa Daneluz Gonçalves<sup>(1)</sup>**

Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental pela UFPR.

**Cristovão Vicente Scapulatempo Fernandes**

Professor Adjunto do Departamento de Hidráulica e Saneamento, da UFPR. E-mail: [cris.dhs@ufpr.br](mailto:cris.dhs@ufpr.br).

**Carla Cristina Bem**

Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental pela UFPR. E-mail: [carla.dhs@ufpr.br](mailto:carla.dhs@ufpr.br)

**Heloise Garcia Knapik**

Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental pela UFPR. E-mail: [heloise.dhs@ufpr.br](mailto:heloise.dhs@ufpr.br).

**Michael Mannich**

Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental pela UFPR. E-mail: [mannich@ufpr.br](mailto:mannich@ufpr.br)

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Coronel Francisco H. dos Santos, Centro Politécnico – Jardim das Américas – Curitiba – PR  
Caixa Postal: 19011 – CEP: 81531-990 – Brasil – Tel: +55 (41) 361-3210 – Fax: +55 (41) 361-3143 – E-mail: [van\\_dg@msn.com](mailto:van_dg@msn.com)

### RESUMO

O monitoramento de recursos hídricos é uma etapa fundamental para a consolidação de informações que subsidiam a gestão de recursos hídricos e para a implementação de seus principais instrumentos. Contudo, as atividades de monitoramento envolvem fatores complexos como: a definição do local de amostragem (a amostragem da margem do rio produz as mesmas informações que a amostragem a meia seção e meia profundidade?); e a interpretação dos dados decorrentes de períodos longos de monitoramento (os dados são representativos da realidade do corpo hídrico?). Para atender a estas questões, avaliou-se neste trabalho a variação de concentrações de parâmetros de qualidade da água ao longo de uma seção transversal de rio através de um monitoramento intensivo de uma seção transversal. Adicionalmente, foram analisadas as dificuldades de interpretação de parâmetros orgânicos de qualidade da água decorrentes de uma série de monitoramento. Dessa maneira, sugere-se para este estudo de caso a adoção do Carbono Orgânico Dissolvido (COD) como o parâmetro orgânico adequado para a gestão de recursos hídricos, complementarmente aos tradicionais (DBO, DQO) considerando as questões relacionadas a erros analíticos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gestão de Recursos Hídricos, Matéria Orgânica, Rio Iguaçu.

### INTRODUÇÃO

A complexidade inerente em se estudar o meio ambiente em geral, para que se consiga definir estratégias para minimizar e corrigir o impacto gerado pela ação do homem e planejar ações futuras, reside em encontrar dados confiáveis das mudanças ocorridas ao longo do tempo. No caso da gestão de recursos hídricos, as dificuldades impostas ao gestor são em grande parte consequência da complexidade do sistema aquático em toda a extensão da bacia hidrográfica. A atividade de monitoramento pode ser considerada uma ferramenta importante de subsídio à gestão de corpos aquáticos, por reunir informações quali-quantitativas que auxiliam na tomada de decisão. Contudo, a interpretação das informações contidas em uma longa série de dados amostrados pode não ser um processo trivial, assim como o estabelecimento da localização dos pontos a serem amostrados no monitoramento. No caso de monitoramento de rios, de acordo com a Norma (NBR 9.897/87) a localização do ponto a meia seção e a meia profundidade, mas se desconhece o impacto decorrente de amostragem de cunho mais prático como amostragem da margem próxima à superfície.

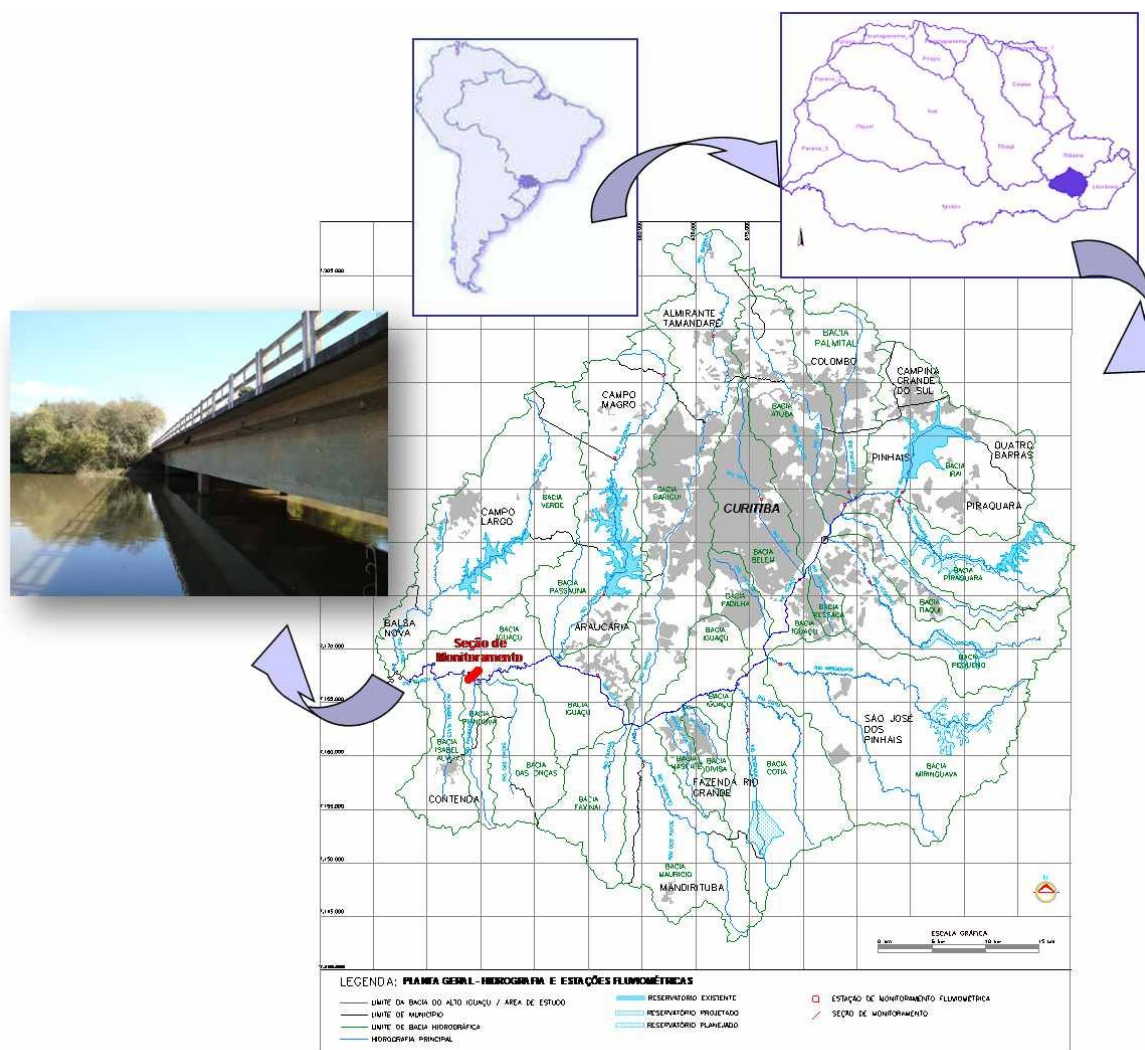
Adicionalmente, a aplicabilidade do monitoramento está relacionada à manutenção da periodicidade amostral, execução precisa de coleta de dados e dos métodos analíticos, e na habilidade do gestor em interpretar as informações implícitas em extensos períodos de monitoramento.

Neste contexto, este trabalho teve por objetivo estudar a variação espaço temporal de parâmetros usuais de qualidade da água ao longo de uma seção transversal de rio, de modo a verificar o grau de influência que a

localização do ponto de amostragem exerce sobre o resultado final, e concomitantemente, avaliar as dificuldades de interpretação de uma série de monitoramento de recursos hídricos.

## ÁREA DE ESTUDO

A Bacia do Alto Iguaçu, com aproximadamente 3.000 km<sup>2</sup> de área, engloba total ou parcialmente os municípios de Curitiba, Colombo, Campina Grande do Sul, Quatro Barras, Piraquara, Pinhais, São José dos Pinhais, Fazenda Rio Grande, Mandirituba, Araucária, Contenda, Balsa Nova, Campo Largo, Campo Magro e Almirante Tamandaré. O trecho do rio Iguaçu pertencente à Bacia do Alto Iguaçu possui 86 km de extensão, desde a sua nascente na junção dos Rios Iraí e Palmital, até a foz do rio Verde, incluindo 26 afluentes principais do Rio Iguaçu (KNAPIK, 2009). A Figura 1 apresenta os principais afluentes do Rio Iguaçu, assim como a localização da seção de estudo situada na estação Guajuvira, município de Araucária – PR na Região Metropolitana de Curitiba (RMC).



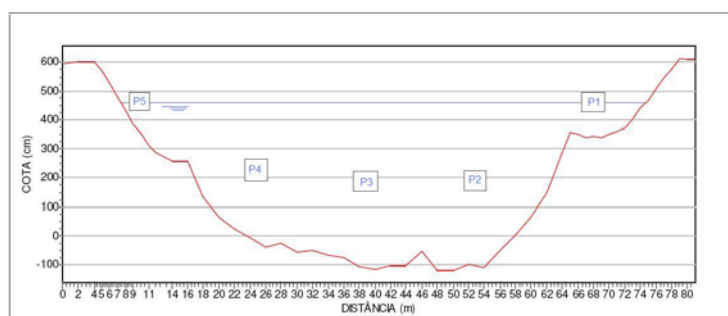
**Figura 1 – Bacia do Alto Rio Iguaçu e seus afluentes.**

Fonte: Adaptado de Porto, *et. al.*, 2007.

Curitiba e região metropolitana concentram na região da Bacia do Alto Iguaçu, aproximadamente 2,5 milhões de habitantes. Esta intensa ocupação – por vezes irregular –, e a falta de investimentos em saneamento básico e ambiental, contribuem para o aumento da poluição, principalmente orgânica, ao rio Iguaçu. A seção de controle para este estudo está localizada no rio Iguaçu, a jusante da confluência com o Rio Barigui (Figura 1).

## MATERIAL E MÉTODOS

A fundamentação metodológica desta pesquisa baseia-se na interpretação de parâmetros de qualidade da água avaliados em uma seção transversal escolhida. Na seção de estudo, foram estipulados da margem direita para a esquerda, cinco pontos de controle amostrais P1, P2, P3, P4, e P5. Logicamente, P1 e P5, de margem direita e esquerda respectivamente. E P2, P3, e P4 espaçados uniformemente entre si, e a profundidades médias, definidas de acordo com a profundidade total de cada ponto a partir da lâmina d'água (Figura 2). Tais pontos ao longo da seção foram monitorados em seis coletas aqui denominadas por C1, C2, C3, C4, C5 e C6, considerando todos os parâmetros de qualidade da água apresentados na Tabela 1, além do monitoramento da vazão.



**Figura 2 – Identificação dos pontos ao longo da seção em estudo.**  
Adaptado de Porto *et. al.*, 2007.

Ao todo foram realizadas seis coletas aqui denominadas por C1, C2, C3, C4, C5 e C6, considerando todos os parâmetros de qualidade da água apresentados na Tabela 1, além do monitoramento da vazão, realizado via medição do nível da régua e a curva de descarga. O procedimento metodológico analítico para a definição dos parâmetros de qualidade da água baseou-se em APHA (1998).

**Tabela 1 – Parâmetros de qualidade da água monitorados.**

Parâmetro	Método/Sensor	Referência/Marca	Faixa de detecção
COD	Combustão a alta temperatura, método de detecção infravermelho não dispersivo (NDIR)	TOC-VCPH SHIMADZU CORPORATION, 2003	TC<25000, IC<30000 (mg/L) Limite: TC:4, IC:4 (µg/L)
Condutividade	Handylab LF1	SCHOTT	Escala: 0.0... 199.9 µS, com resolução de 0.1 µS Precisão: ± 1% do valor medido (15°C a 35°C)
DBO	Titulométrico/ Winkler	4500 – O C e 5210 B Standard Methods (APHA, 1998)	>2,0 mg/L
DQO	Refluxo Fechado	5220 D Standard Methods (APHA, 1998)	0 – 900 mg/L (600nm)
OD	Handylab OX 12/SET	SCHOTT	Escala: 0 a 19,99 mg/L, com resolução de 0,01. Precisão: ± 0,5% do valor medido (5° a 30°)
pH	pH 330i/SET	WTW	Escala: -2.000...+ 19,999, com resolução de 0.001. Precisão: ± 0.003 (15 – 35°C)
Temperatura	Obtida pelo pHmetro		Escala: -5.0 ... 105.0°C, com resolução de 0.1 Precisão: ± 0.1
Turbidez	WQ770 Turbidimeter	Global Water	Escalas: 0 – 50 UNT ou 0 – 1000 UNT, precisão: ±2% Precisão: ±2%

Na sequência, os valores obtidos durante as seis coletas (conjunto de dados A) foram acrescidos a outros decorrentes de 19 coletas (conjunto de dados B), obtidos por meio de monitoramento e estudos realizados pelo Projeto Bacias Críticas durante o período de 2005 a 2007 (PORTO *et al.*, 2007) e por trabalhos de Knapik (2009) e França (2009) no período de 2008 a 2009. Salienta-se que o conjunto de dados B constitui-se de amostragem de um único ponto na margem direita da seção transversal.

Dessa maneira, com o conjunto de dados A pretende-se avaliar o grau de variação espaço-temporal dos parâmetros de qualidade propostos ao longo da seção transversal. E por meio da soma dos conjuntos A e B, pretende-se: (i) avaliar a variação sazonal dos parâmetros orgânicos propostos; e (ii) discorrer sobre as dificuldades para o gestor de recursos hídricos quanto à interpretação de uma série histórica longa de parâmetros de qualidade da água. Para avaliação dos parâmetros de qualidade da água estudados, foi adotada como ferramenta estatística a Análise de Variância – ANOVA, conforme metodologia discutida em Spiegel, (1978).

### VARIAÇÃO AMOSTRAL DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA NA SEÇÃO TRANSVERSAL

Para análise da variação dos parâmetros de condutividade, pH, turbidez e temperatura, ao longo da seção de estudo, a Figura 3 apresenta a respectiva dispersão dos dados decorrentes de seis coletas. Na Tabela 2 são apresentados os resultados de valor médio, desvio padrão e coeficiente de variação (CV) por coleta.

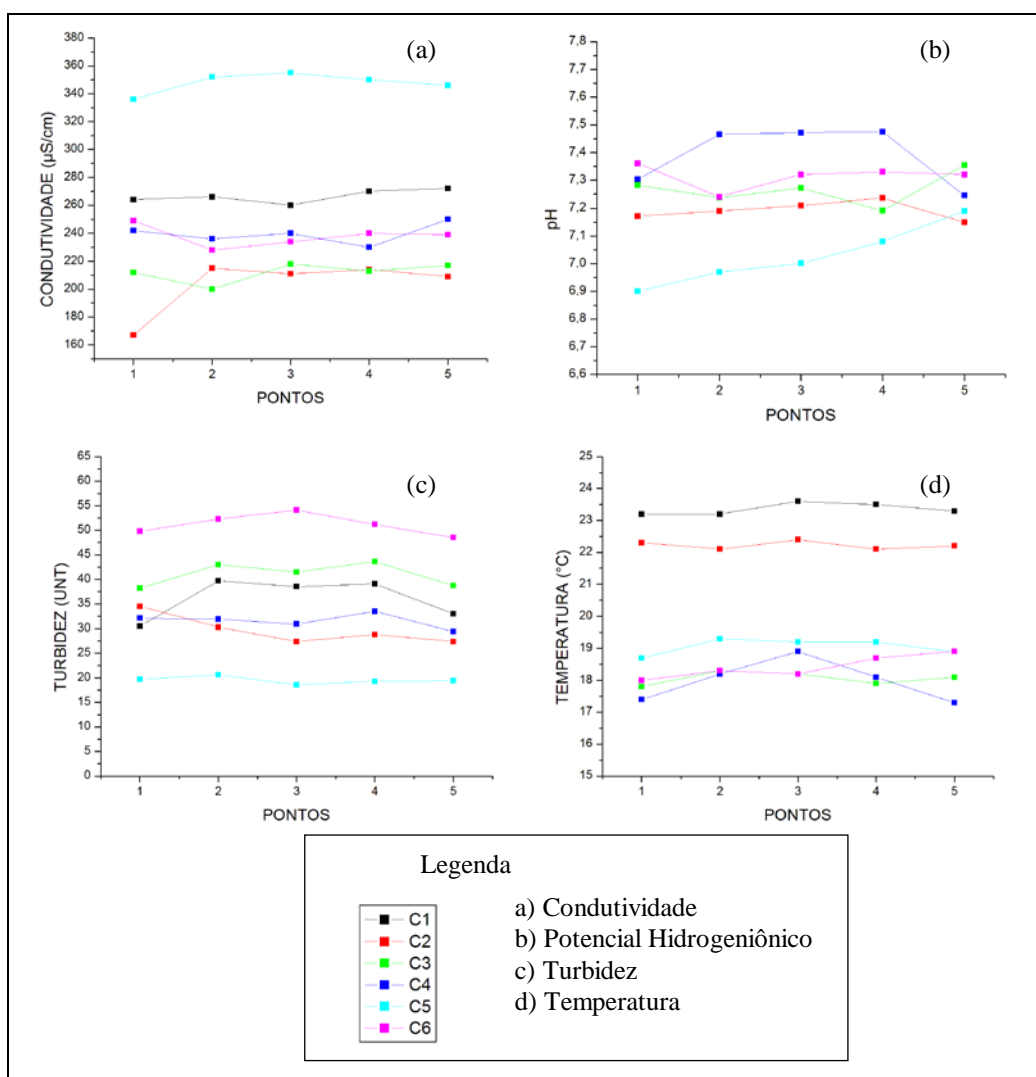


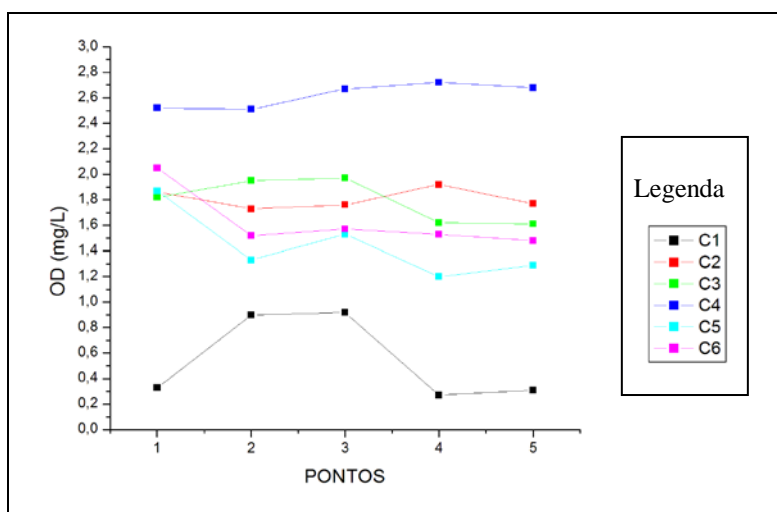
Figura 3 – Dispersão observada entre os pontos de monitoramento para os parâmetros de condutividade, pH, turbidez e temperatura.

**Tabela 2 – Média, Desvio Padrão e CV (%) segundo parâmetros de condutividade, pH, turbidez e temperatura**

Parâmetro	Coleta					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Condutividade	$266,4 \pm 4,77$ 1,79	$203,2 \pm 20,28$ 9,98	$212,0 \pm 7,18$ 3,39	$239,6 \pm 7,4$ 3,09	$347,8 \pm 7,36$ 2,12	$238,0 \pm 7,78$ 3,27
pH	$7,19 \pm 0,03$ 0,42	$7,19 \pm 0,03$ 0,42	$7,27 \pm 0,06$ 0,82	$7,39 \pm 0,11$ 1,49	$7,03 \pm 0,11$ 1,56	$7,31 \pm 0,04$ 0,55
Turbidez	$36,16 \pm 4,14$ 11,45	$29,68 \pm 2,95$ 9,94	$41,0 \pm 2,46$ 6,00	$31,56 \pm 1,52$ 4,82	$19,52 \pm 0,73$ 3,74	$51,18 \pm 2,17$ 4,24
Temperatura	$23,36 \pm 0,18$ 0,77	$22,22 \pm 0,13$ 0,59	$18,06 \pm 0,21$ 1,16	$17,98 \pm 0,65$ 3,62	$19,06 \pm 0,25$ 1,31	$18,42 \pm 0,37$ 2,01

Com base nos gráficos de dispersão (Figura 3) e valores de média e desvio padrão (Tabela 2) observa-se para os parâmetros de condutividade, pH, turbidez e temperatura, baixa dispersão entre os pontos monitorados segundo uma mesma coleta. A estabilidade dos parâmetros ao longo da seção indica de certa forma o grau de equilíbrio do sistema aquático, especialmente o de temperatura que exerce influência direta na velocidade e no grau de inúmeras reações químicas, físicas e biológicas. Na análise qualitativa dos resultados de pH e turbidez, pode-se afirmar que o pH manteve-se em conformidade com o sugerido pela Resolução CONAMA n°357/2005 ( $6,0 < \text{pH} < 9,0$ ) segundo todas as coletas. Quanto a turbidez, com exceção das coletas C3 e C6, podemos definir classe 1 para as demais.

As concentrações de oxigênio dissolvido (OD) mensuradas ao longo da seção de estudo foram dispostas segundo coletas na Figura 4. Complementarmente, a Tabela 3 apresenta valor médio, desvio padrão e CV respectivo por coleta.

**Figura 4 – Dispersão observada entre os pontos de monitoramento para o parâmetro de OD.****Tabela 3 – Média, desvio padrão e CV (%) para concentração de OD**

Parâmetro	Coleta					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
OD	$0,55 \pm 0,33$ 60,00	$1,81 \pm 0,08$ 4,42	$1,79 \pm 0,17$ 9,50	$2,62 \pm 0,1$ 3,82	$1,44 \pm 0,27$ 18,75	$1,63 \pm 0,24$ 14,72

De modo geral, a análise da Figura 4 e Tabela 3 permite afirmar que a variabilidade entre os pontos de uma mesma coleta foi baixa, sendo os pontos mensurados na coleta C1, responsáveis pelo maior desvio padrão de 0,33. Entretanto, em termos de qualidade do corpo d'água, as concentrações de oxigênio dissolvido mensuradas estão a nível considerado deficitário segundo padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (mínimo de 2 mg/L para enquadramento em classe 4). O déficit de oxigênio dissolvido sugere a presença de compostos passíveis de oxidação, dado que o ponto de estudo está situado à jusante das sub bacias



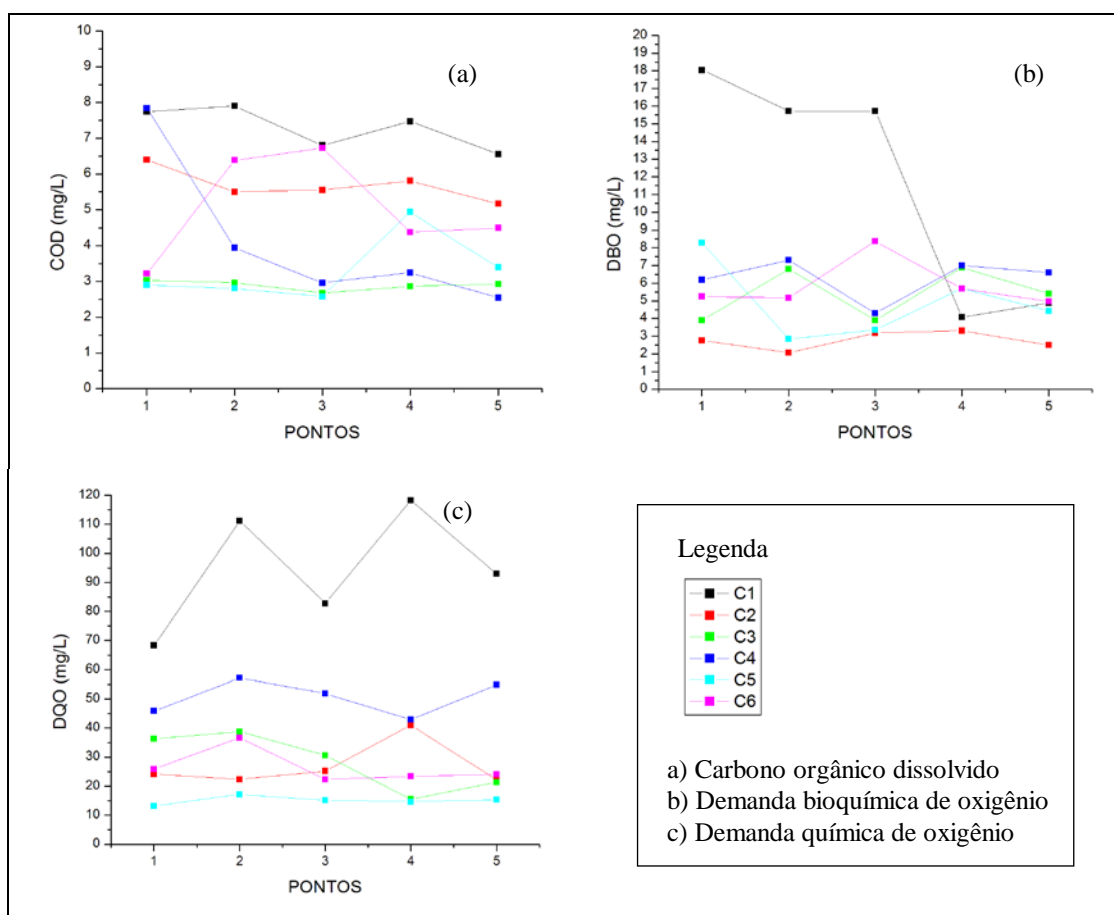
dos rios Palmital, Belém e Barigui, as quais são altamente urbanizadas, seria coerente supor como sumidouros de oxigênio a presença de matéria orgânica lábil e compostos nitrogenados.

### VARIAÇÃO AMOSTRAL DE PARÂMETROS ORGÂNICOS NA SEÇÃO TRANSVERSAL

Quanto à distribuição do conteúdo orgânico ao longo da seção de estudo, a avaliação espacial dos parâmetros de COD, DBO e DQO estão apresentados na Figura 5. A análise estatística é apresentada na Tabela 4.

**Tabela 4 – Média, Desvio Padrão e CV (%) segundo parâmetros de COD, DBO e DQO**

Parâmetro	Coleta					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
COD	7,29 ± 0,59 8,09	5,68 ± 0,46 8,10	2,89 ± 0,13 4,50	4,11 ± 2,15 52,31	3,32 ± 0,95 28,61	5,04 ± 1,47 29,17
DBO	11,69 ± 6,65 56,89	2,76 ± 0,51 18,48	5,38 ± 1,48 27,51	6,28 ± 1,18 18,79	4,93 ± 2,18 44,22	5,89 ± 1,42 24,11
DQO	94,72 ± 20,44 21,58	26,98 ± 7,92 29,36	28,53 ± 9,9 34,70	50,56 ± 6,02 11,91	15,12 ± 1,44 9,52	26,48 ± 5,84 22,05

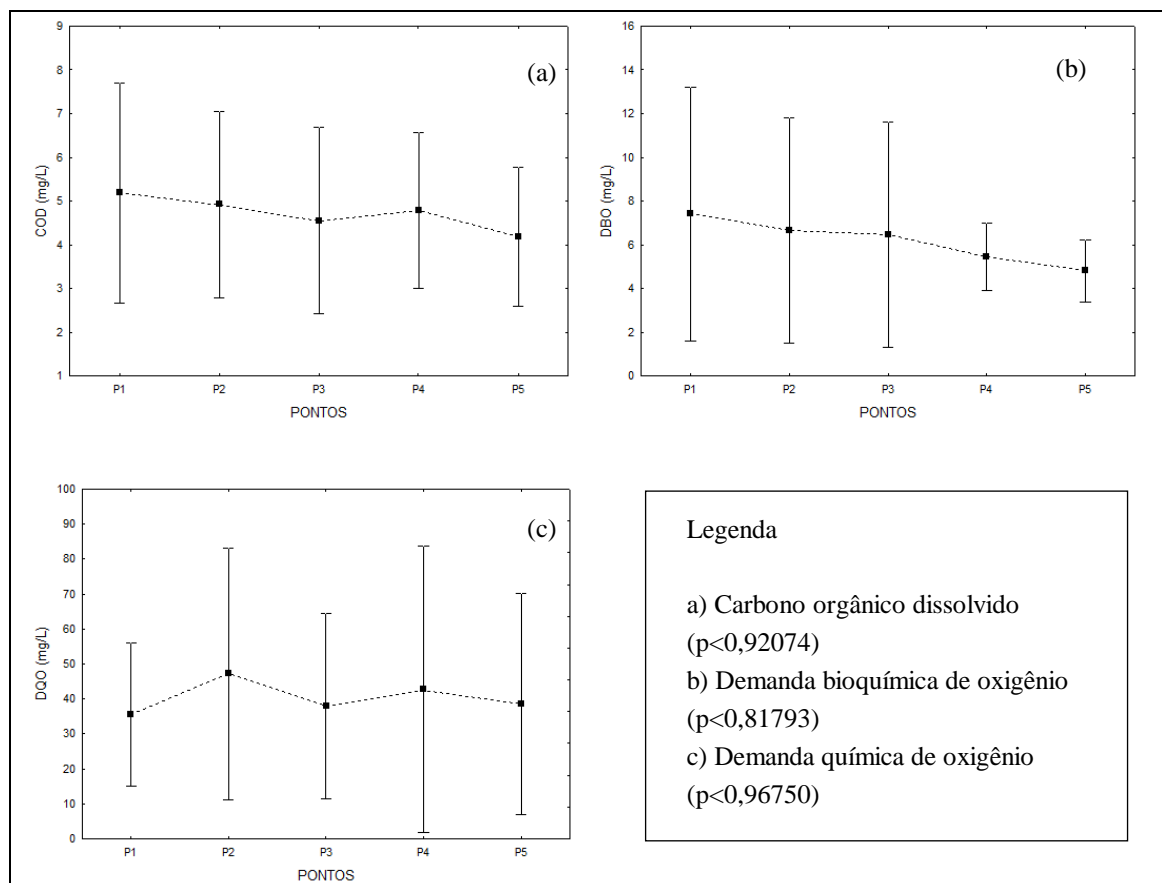


**Figura 5 – Dispersão observada entre os pontos de monitoramento para os parâmetros de COD, DBO e DQO.**

Os resultados de dispersão amostral referentes ao COD (Figura 5a) apresentaram variações consideráveis, especialmente nas coletas C4 e C6, com respectivos desvios padrão de 2,15 e 1,47 (Tabela 4). Maiores variações também foram evidenciadas segundo os parâmetros de DBO (Figura 5b) e DQO (Figura 5c), entretanto, estas se concentraram principalmente na coleta C1, com elevados desvios padrão de 6,65 e 20,44, respectivamente. Casos como este, podem promover dificuldades de interpretação dos dados, e reduzir a credibilidade dos mesmos. Assim, apresenta-se as seguintes suposições quanto aos resultados obtidos durante a

coleta C1: (i) aporte excessivo de material orgânico uma vez que trata-se de uma bacia urbana como objeto de estudo, e somado o fato de que tal coleta apresentou maior teor orgânico para os três parâmetros COD, DBO e DQO; (ii) presença de excessivo material estabilizado de forma a elevar a DQO, suposição possível de influenciar também nos resultados de DBO, visto que as alíquotas de diluição praticadas na determinação desta foram definidas mediante os valores de DQO.

Os questionamentos anteriores decorrentes da Figura 5, de dispersão entre os pontos da seção, indicam variação segundo determinadas coletas. Para atestar a possibilidade de diferenças significativas entre os pontos monitorados, os resultados de COD, DBO e DQO foram submetidos à análise de variância (ANOVA) ao nível de 95% de confiança. Assim, a Figura 6 apresenta os resultados de ANOVA determinados para os parâmetros de COT, DBO e DQO.



**Figura 6 – ANOVA: comparação entre pontos monitorados segundo parâmetros de COT, DBO e DQO.**

Para avaliar a diferença existente entre os pontos ao longo da seção transversal de estudo, partiu-se do pressuposto de que os cinco pontos (P1, P2, P3, P4 e P5) estariam submetidos às mesmas condições no momento da coleta. A análise da Figura 6 permite afirmar para este estudo de caso a inexistência de variabilidade significativa entre as médias dos pontos monitorados para os parâmetros de COT, DBO e DQO. Porém, ressalva deve ser feita quanto às coletas C4 e C6 para o parâmetro de COD (ver Figura 5a), as quais isoladamente apresentaram elevada dispersão, mas na análise de variância estas diferenças foram compensadas principalmente pela coleta C1 que assumiu elevados valores.

Contudo, a análise dos resultados obtidos até o momento, indica para este estudo, a inexistência de variações significativas ao longo da seção transversal para os parâmetros em questão. Ainda, quanto à distribuição das concentrações ao longo da seção, não foi possível definir um comportamento padrão em que os pontos amostrados de margem apresentem maior concentração comparada aos demais, ou vice e versa. Assim, a localização do ponto de amostragem ao longo da seção do rio pode não refletir em erros passíveis de causar impacto de interpretação e de representação dos resultados.

## VARIAÇÃO SAZONAL DE PARÂMETROS ORGÂNICOS DECORRENTES DE UMA SÉRIE DE MONITORAMENTO

Para variação sazonal de longa série de monitoramento optou-se por analisar os parâmetros de COD, DBO e DQO dada à importância respectiva dos mesmos. Para tanto, dado que não foi observada diferença significativa entre os pontos P1, P2, P3, P4 e P5 mensurados por meio de seis coletas, optou-se por trabalhar com valores médios respectivos por coleta. Tais valores médios (conjunto de dados A) foram acrescidos a um banco de dados (conjunto de dados B) oriundo de monitoramento desenvolvido no local, pelo Projeto Bacias Críticas durante o período de 2005 a 2007 (PORTO *et al.*, 2007), e pelos trabalhos de Knapik (2009) e França (2009) no período de 2008 a 2009.

A Figura 7 apresenta em termos de carga, os resultados de COD, DBO e DQO, referentes ao conjunto de dados A (coletas realizadas no período 12/11/2009 a 28/09/2010) e ao conjunto de dados B (coletas realizadas no período entre 05/10/2005 a 22/09/2009).

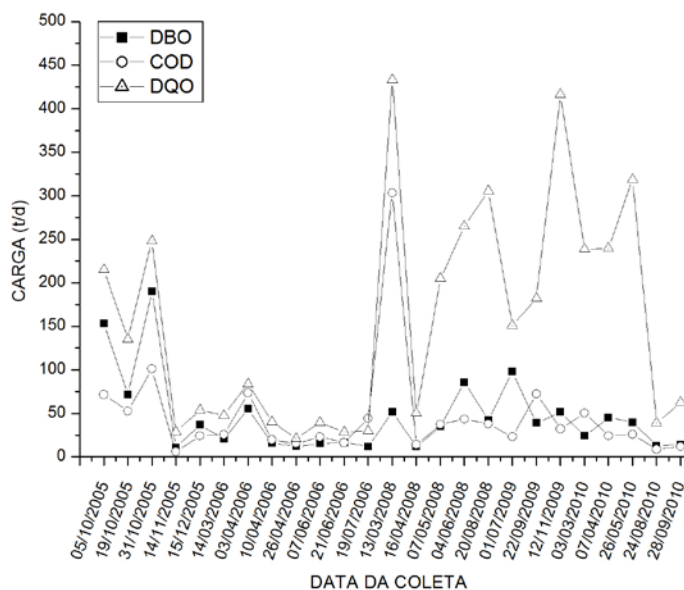
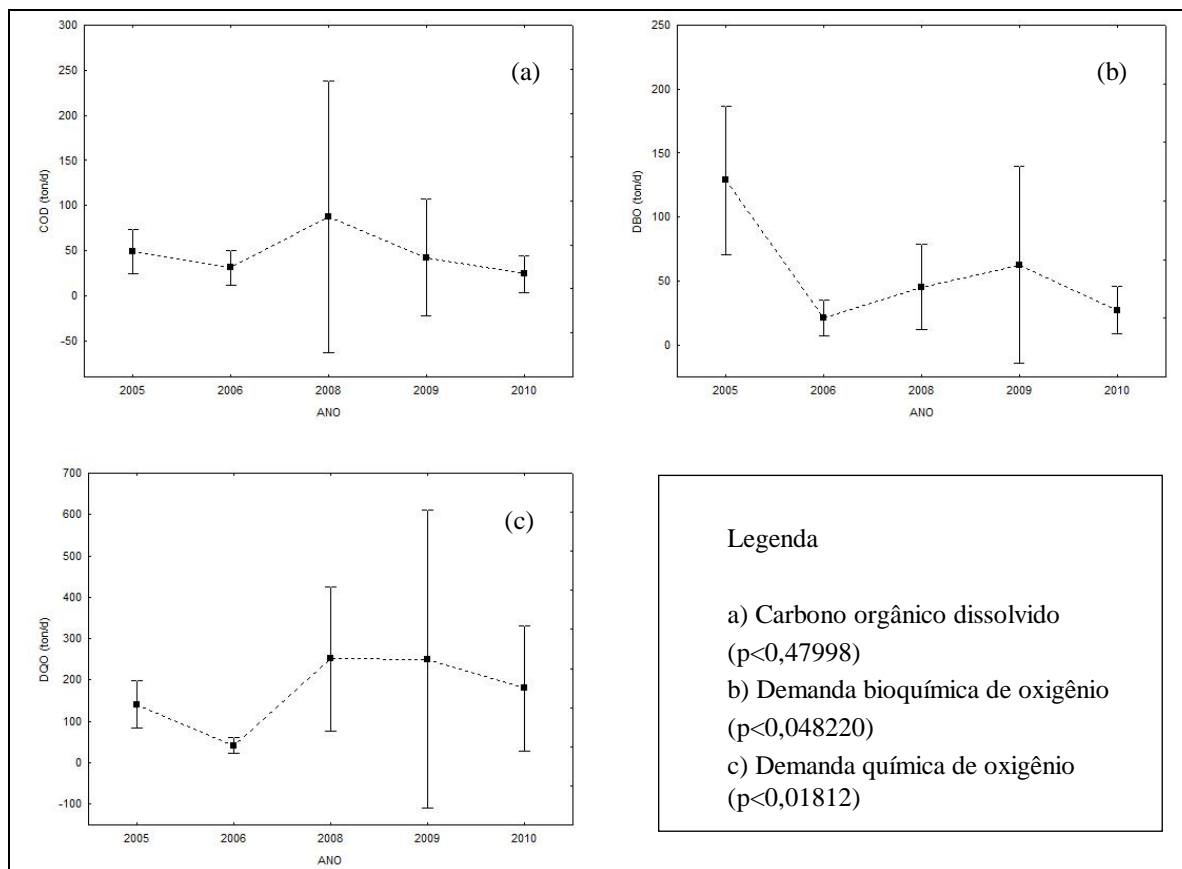


Figura 7 – Valores de COD, DBO, DQO e vazão, referentes a 29 coletas de monitoramento.

Na análise geral da variabilidade dos parâmetros apresentados na Figura 7, observa-se a elevada dispersão dos valores de DQO ao longo do período monitorado. A dificuldade inerente na adoção do parâmetro de DQO para o estudo da qualidade de rios está atrelada ao poder de oxidação do método capaz de somar a fração inerte à fração orgânica lábil (APHA, 1998; VON SPERLING, 2005). Talvez a aplicação do parâmetro de DQO na gestão de recursos hídricos não produza resposta apropriada de auxílio ao gestor na tomada de decisão (GONÇALVES, 2011), como de fato ocorreu neste estudo de caso. Quanto ao parâmetro de DBO, observam-se variações maiores especialmente no início do período monitorado. Apesar da preferência da comunidade científica pela adoção do parâmetro de DBO na quantificação de teor orgânico (KAMIYARA, 1988), salienta-se o período de cinco dias de análise e o caráter complexo do método, dependente de presença de microrganismos decompositores, e susceptibilidade a fatores intervenientes como nutrientes, compostos inibidores, toxinas, temperatura, pH, etc. (APHA, 1998). Já para o parâmetro de COD, verifica-se a coleta na data 13/03/2008, como responsável pela maior variação do parâmetro. De acordo com Esteves (1998) o carbono orgânico total (COT) presente em sistemas aquáticos pode ser classificado em duas categorias: carbono orgânico detrital e carbono orgânico particulado da biota (COP-biota). O carbono orgânico detrital é composto pelas frações: carbono orgânico dissolvido (COD) e carbono orgânico particulado detrital (COP-detrital). O COD é constituído principalmente por proteínas, carboidratos, lipídeos e compostos húmicos. Processos de decomposição de plantas e animais, e excretas de organismos são os principais precursores da formação do COD. Segundo Birge e Juday (1934), a concentração de COD é cerca de 10 vezes maior a do COP-detrital, fato que justifica a mensuração do COD para estimar o conteúdo orgânico em meios aquáticos.



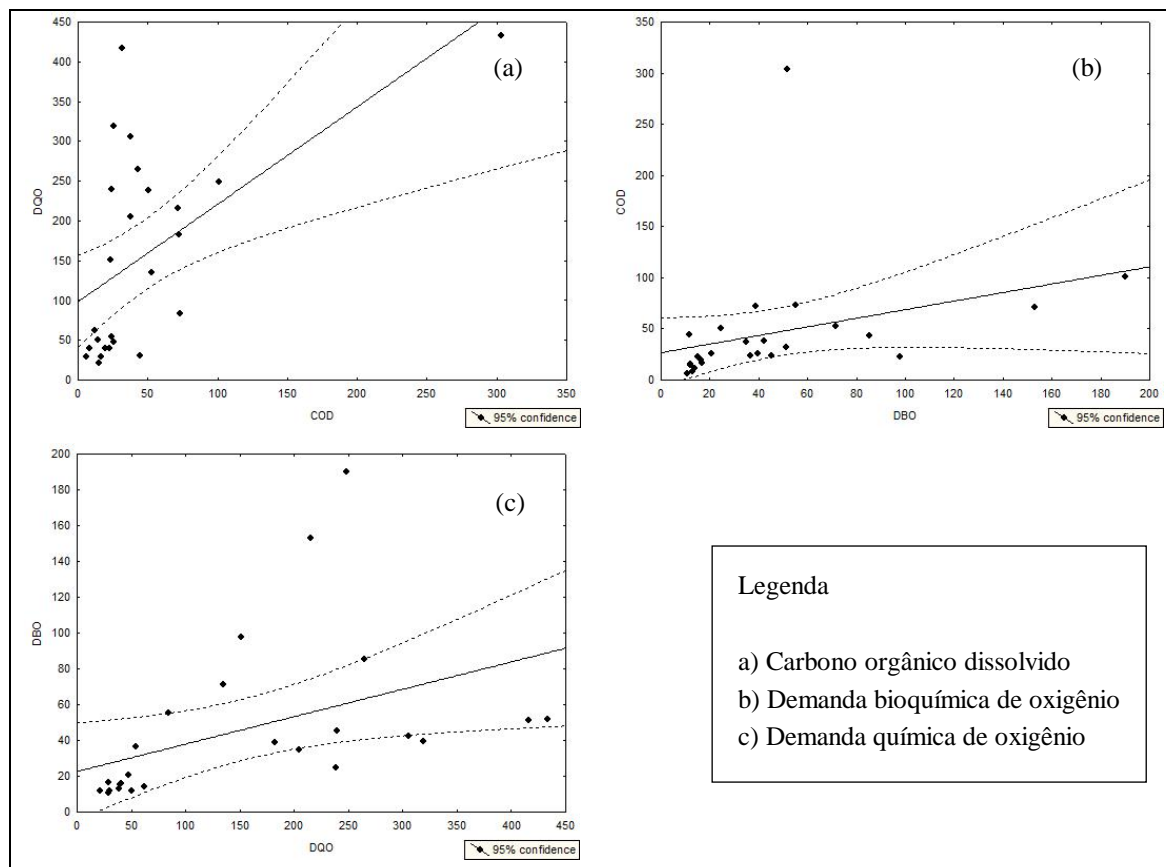
Diante do exposto, a avaliação estatística torna-se uma prática comum na evidência de possíveis alterações significativas ao longo do período monitorado. Desta forma, a Figura 8 contém a análise de variância, ANOVA, realizada para os parâmetros de DBO, DQO, COD entre anos 2005, 2006, 2008, 2009, e 2010 referentes ao período monitorado.



**Figura 8 – Resultados ANOVA para os parâmetros de COD, DBO, e DQO.**

Pela visualização da Figura 8a, referente ao parâmetro de COD, pode-se observar a elevada variação ocorrida no ano de 2008, possivelmente decorrente do valor mensurado em 13 de março do referido ano, entretanto, a análise integral das informações apresentadas permite afirmar que não foram constatadas diferenças significativas no período monitorado segundo o parâmetro de COD. Porém, o mesmo não pode ser afirmado para os parâmetros de: DBO que apresentou o ano de 2005 diferente de 2006 (Figura 8b); e DQO que apresentou o ano de 2006 diferente de 2008 (Figura 8c).

Os resultados obtidos indicam a maior estabilidade do parâmetro de COD ao longo do período monitorado, o que torna para este estudo de caso a análise do COD uma ferramenta importante para gestão de recursos hídricos. E ainda, os resultados obtidos de DQO pouco contribuíram para a gestão devido à variabilidade elevada dos valores em determinadas coletas. Até o presente, os resultados obtidos foram discutidos de forma isolada, ou seja, por parâmetro. A comparação entre os parâmetros foi efetuada por meio da aplicação de correlação linear de Pearson ( $r$ ), com as faixas de 95% de confiança, conforme indicado na Figura 9, a seguir.



**Figura 9 – Correlação linear de Pearson para os parâmetros de COD, DBO, e DQO.**

Houve correlação positiva significativa fraca entre COD e DQO ( $r=0,56288$ ,  $p>0,03$ ) e entre DQO e DBO ( $r=0,43477$ ,  $p>0,03$ ), e correlação positiva muito fraca entre DBO e COD ( $r=0,32087$ ,  $p>0,118$ ). Quanto à fraca correlação entre COD e DBO, é possível que haja correlação significativa entre os parâmetros apenas para valores de carga inferiores a 60 t/d. Correlações fracas entre os parâmetros de quantificação de teor orgânico, também foram observadas em trabalhos de Jingsheng *et al.* (2006), Knapik (2009), França (2009) e Gonçalves (2011). Porém, aqui cabe a seguinte reflexão: O gestor de recursos hídricos sob a ótica do monitoramento possui parâmetros de qualidade da água para a obtenção de informações quanto a sistemas aquáticos. A adoção de um parâmetro ou de outro é dependente do composto ou substância que se pretende mensurar. A quantificação do teor orgânico por meio dos parâmetros de COD, DBO ou DQO possui de forma implícita variações plausíveis do ponto de vista do princípio de cada método, em que segundo APHA (1998) o COD retorna um valor de todo o carbono orgânico presente, independente do estágio de oxidação; a DBO retorna um valor do conteúdo orgânico susceptível de degradação por microrganismos; e a DQO soma o potencial orgânico ao conteúdo já estabilizado.

Neste contexto, a adoção simultânea das três ferramentas (COD, DBO e DQO) para a gestão de corpos aquáticos torna-se dispendiosa e desnecessária. Assim, seria interessante que o gestor de recursos hídricos avaliasse de forma criteriosa as vantagens e desvantagens de cada método e opta-se por um dos parâmetros, visto que todos medem o conteúdo orgânico acrescido ou reduzido um determinado valor de erro.

## CONCLUSÕES

Para este estudo de caso, a análise de variabilidade de parâmetros de qualidade da água usuais permite afirmar que não houve diferenças significativas, principalmente, para os parâmetros de condutividade, pH, temperatura, turbidez e OD. Para os parâmetros de mensuração de teor orgânico, COD, DBO e DQO, apesar da maior dispersão desenvolvida para algumas coletas, no apanhado geral das informações, também não foram constatadas diferenças significativas entre os pontos ao longo da seção. Ainda, não foi possível definir um padrão de comportamento das concentrações ao longo da seção em que os pontos situados na margem

reproduzissem concentrações maiores comparados aos demais, ou vice e versa. Isso sugere que técnicas de amostragem da margem do rio são tão representativas quanto às de meia seção a meia profundidade.

Com relação aos estudos de variação sazonal de parâmetros orgânicos decorrentes de uma série de monitoramento, pode-se afirmar que os resultados apresentados de variação dos parâmetros de COD, DBO e DQO, confirmam a preocupação com uma metodologia de avaliação de concentração de matéria orgânica que seja consistente e não produza impacto de interpretação de validade química. A eliminação integral do erro incumbido em cada resultado, desde a coleta, análise química à análise de dados, em suma, é impraticável. Neste contexto, o gestor de recursos hídricos pode optar pelo método que produza resultados satisfatórios de forma prática e eficaz, neste caso, COD.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9.897/Junho de 1987 – Planejamento de Amostragem de Efluentes Líquidos e Corpos Receptores.
2. APHA, A. P. H. A. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th. ed. Washington, DC: APHA, 1998.
3. BIRGE, E. A.; JUDAY, C. Particulate and dissolved organic matter in inland lake. *Ecological Monographs*. Vol. 4, pp. 440-474. 1934. Disponível em: < <http://www.jstor.org/stable/pdfplus/1961650.pdf?acceptTC=true> >. Acesso em: 11/05/2011.
4. ESTEVES, F. A. Fundamentos de limnologia, 2ª Edição – Rio de Janeiro: Interciência, 1998.
5. FRANÇA, M. S. Análise estatística multivariada dos dados de monitoramento de qualidade da água da Bacia do Alto Iguaçu: uma ferramenta para a gestão de recursos hídricos. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, 2009.
6. CONAMA. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Relator: Marina Silva. **Diário Oficial da União**, Brasília, 18 de março de 2005.
7. GONÇALVES, V. D. Avaliação de alterações de parâmetros de qualidade da água em uma seção transversal – seu impacto para a gestão de recursos hídricos. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, 2011.
8. JINGSHENG, C.; TAO, Y.; ONGLEY, E. Influence of high levels of total suspended solids on measurement of cod and BOD in the Yellow River, China. *Environmental Monitoring and Assessment* 116: 321–334. 2006.
9. KAMIYAMA, H. A complexidade do DBO. DAE. Vol. 48, nº 152. Jul – Set, 1988.
10. KNAPIK, H. G. Reflexões sobre monitoramento, modelagem e calibração na gestão de recursos hídricos: estudo de caso da qualidade da água da Bacia do Alto Iguaçu. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, 2009.
11. PORTO, M. F. et al. Bacias Críticas: Bases Técnicas para a definição de Metas Progressivas para seu Enquadramento e a Integração com os demais Instrumentos de Gestão. Curitiba: UFPR – Departamento de Hidráulica e Saneamento, 2007. (FINEP/ CT-HIDRO). Projeto concluído.
12. SPIEGEL, M. R. Probabilidade e estatística. Tradução: Alfredo Alves de Farias. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1978.
13. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA. Belo Horizonte, 2005.