

Variação nictemeral de qualidade da água em rios urbanos: implicações no monitoramento

Diel changes of water quality in urban rivers: implications for monitoring

Submetido em: 11/05/16

Revisão em: 21/06/16

Aprovado em: 28/06/16

Maiara Soares de Carvalho

Michael Mannich

Bruna Vigo Pinto

Cinthia Mara Itiberê da Cunha

RESUMO : O monitoramento de qualidade da água apresentam escassas informações sobre o comportamento nictemeral de corpos d’água lóticos. O monitoramento contínuo e frequente adequado a um ambiente dinâmico é muitos vezes substituído por coletas únicas, cuja representatividade depende das variações ao longo do dia. Este conceito foi abordado por meio de três campanhas de monitoramento de parâmetros físicos e químicos de qualidade da água durante 14 horas ao longo do dia, como estudo de caso do Rio Barigüi, em Curitiba-PR. Os resultados sugerem significativas diferenças entre as campanhas, principalmente em períodos de menor vazão do corpo hídrico, e alguns parâmetros apresentam variações marcantes ao longo do dia, o que destaca a importância da análise nictemeral. A comparação realização em termos da variância dos dados amostrais sugere que amostragens únicas durante o dia não são capazes de reproduzir a variância da amostragem nictemeral.

Palavras-Chave: Análise Nictemeral, Qualidade da Água, Rio Barigüi.

ABSTRACT: The water quality monitoring programs show scarce information about the diel variations in lotic water bodies. A better understanding of riverine dynamic processes depends on continuous and frequent monitoring. Individual samples validity depends on information representation compared to their daily variations. This concept is discussed based on water quality parameters from 14 hours sampling programs at a case study of Rio Barigüi in Curitiba-PR. The results suggested significant differences between days, especially during periods of low flow, and some parameters show distinct variations throughout the day, which highlights the importance of diel analysis

Keywords: diel changes, water quality, Barigüi River

INTRODUÇÃO

Rios são sistemas complexos, resultantes do escoamento de águas das áreas de drenagens adjacentes, as bacias hidrográficas (TOLEDO; NICOTELLA, 2002). Além das condições climáticas e topográficas locais, influências antrópicas no uso e ocupação do solo acabam por alterar significativamente o ambiente aquático (CLAESSENS et al., 2006). Uma vez que se faz o uso desta água, sua qualidade pode se tornar um fator limitante ao desenvolvimento das cidades (TUNDISI, 2003). No Brasil, a água se destina a usos múltiplos e é um recurso limitado e de domínio

público, fazendo-se necessária sua gestão (BRASIL, 1998). Esse processo objetiva garantir seu uso pleno atual e futuro, de acordo com o enquadramento a que pertence. Como estratégia de monitoramento, é necessária a determinação quali-quantitativa dos níveis de poluição, abrangendo desde a coleta das amostras até as tomadas de decisões com as informações obtidas (SANDERS et al., 1983).

A elaboração de uma rede de monitoramento de qualidade de água deve estar integrada com seus objetivos. A determinação do número de estações, frequência de amostragem e seleção de variáveis ou parâmetros, que em conjunto produzirão informação

para a Gestão de Recursos Hídricos, não é uma questão trivial e as técnicas de monitoramento empregadas na gestão de bacias hidrográficas são tão variadas quanto o número de bacias gerenciadas (COELHO, 2013). Muito embora alguns locais e frequências de amostragem em redes de monitoramento são determinados por conveniência ou por outros critérios subjetivos, e uma vez estabelecida uma estratégia de monitoramento, geralmente, não há uma reavaliação de sua efetividade (HARMANCIOLU et al. 1999; TIRSCH; MALE, 1984; WARD, 1996 apud STROBL; ROBILLARD, 2008).

A gestão de recursos preconiza a indissociabilidade entre os aspectos qualitativos e quantitativos dos recursos hídricos, leia-se qualidade da água e vazão, conforme estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

As reflexões relativas à integração das variáveis de qualidade da água com a gestão de recursos hídricos são, em geral, no sentido de estabelecer um conjunto mínimo de variáveis mais relevantes para o monitoramento (COELHO, 2013; REINELT et al., 1992; BALTACI et al., 2008). Como exemplo tem-se a aplicação da Análise Estatística Multivariada para o reconhecimento de padrões entre pontos e variáveis de amostragem, com intuito de reduzir o número de variáveis e pontos nos programas de monitoramento (GEIB; EINAX, 1996; FRANÇA et al., 2009; RODRIGUES et al., 2010; GUEDES et al., 2012).

No que concerne à localização dos pontos de amostragem, estas devem considerar as particularidades hidrológicas, de uso e ocupação do solo, fontes de poluição pontual e difusa no contexto de sua representatividade e necessidade de informação (COELHO, 2013). Associada ao local de amostragem está a questão da quantidade de amostras e posições de coleta ao longo de uma seção transversal do rio, que indica diferenças de concentrações entre as margens e entre a superfície e o fundo (SANDERS, 1982; GONÇALVES, 2011).

Neste contexto, pesquisas científicas e programas regulares de monitoramento utilizam diferentes formas de amostragem em diferentes horários, usualmente diurnos. Porém, é necessário que se verifique se uma única informação no dia é representativa e/ou qual seria o melhor horário para amostragem, uma vez que em ambientes aquáticos pode haver peculiaridades que possivelmente só sejam detectáveis

através de uma análise diária contínua (ESTEVES, 1988). O monitoramento nictemeral, que trata das variações intra-dia destes ambientes, é particularmente importante em eventos de curta duração, como os de precipitação, que podem carrear compostos pelo escoamento superficial (BRAGA, 2013) e, em regiões urbanas, despejos de efluentes urbanos e industriais, que podem alterar a qualidade de águas dos corpos receptores.

Apesar dos diversos estudos realizados no âmbito da gestão de recursos hídricos, existem poucos relatos acerca de padrões nictemerais. Entre eles, observa-se que esta ferramenta é mais utilizada em estudos envolvendo estações de tratamento de esgoto e seus efeitos no ambiente (MIWA, 2007; KÖNIG et al., 2010). Há exemplos de estudos nictemerais em ambientes aquáticos cujos objetivos são a associação entre os processos biológicos e as variáveis limnológicas (THOMAZ et al., 1992; NECCHI et al., 1992, LACERTA et al., 2004; FULAN et al., 2009; SANTOS et al., 2010).

A maior parte dos estudos acaba, portanto, por assumir, provavelmente de forma inconsciente, que amostragens pontuais no momento da coleta são representativas das condições do rio naquele dia. Adicionalmente, no entendimento dos autores, não há padronização do horário de coletas, justamente pelas dificuldades e limitações que isso traria ao monitoramento.

Face ao exposto, caracteriza-se a importância da investigação da variação nictemeral (período de 24 horas) de parâmetros físicos e químicos de qualidade da água. O presente artigo evidencia esta questão em um rio urbano com evidentes sinais de poluição com objetivo de destacar a variabilidade temporal dos parâmetros e a comparação da variância dos dados de qualidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O rio Barigüi possui extensão de 67 km e área de drenagem de 279 km², sendo 144 km² dentro do município de Curitiba, e que corresponde a cerca de um terço da área total da cidade. Localiza-se em uma bacia majoritariamente urbana, situada em uma região com clima Cfb, segundo a classificação de Koppen,

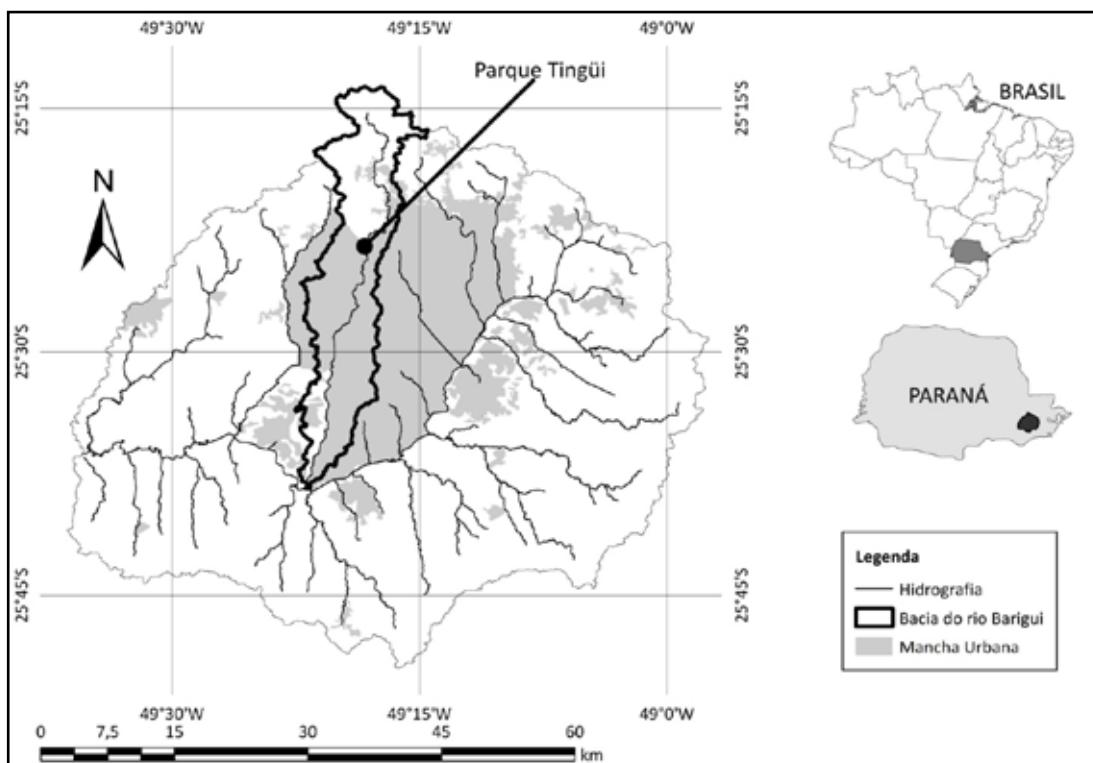


Figura 1 – Hidrografia da bacia do Alto Iguaçu, com destaque para a bacia do rio Barigüi e o ponto amostral

com chuvas bem distribuídas anualmente, com precipitações médias de 1200 mm/ano (FILL et al., 2005). De acordo com Barddal et al. (2003), a temperatura média anual do mês mais quente é inferior a 22°C e a do mês mais frio inferior a 18°C.

O rio Barigüi é afluente da margem direita do rio Iguaçu e, segundo a Portaria SUREHMA nº20/92, está enquadrado como classe 2 por toda sua extensão até o lago Barigüi, a partir do qual passa a ser classificado como classe 3. Neste estudo foi selecionado o parque Tingüi (coordenadas 25°23'22"S e 49°18'19"O), localizado na região norte do município de Curitiba e à montante do parque Barigüi. A Figura 1 apresenta o uso do solo desta bacia, com destaque para a ocupação urbana, em especial na região sul da bacia.

AMOSTRAGEM E ANÁLISES

O monitoramento foi realizado nos dias 05 de agosto (domingo), 03 de setembro (segunda-feira) e

20 de novembro (terça-feira) de 2012. As amostras foram coletadas em intervalos de 2h, das 7:00 às 21:00, totalizando 8 dados para cada parâmetro, com exceção dos surfactantes, com três amostragens por campanha. As amostras foram coletadas em frascos de 1000 mL e armazenadas a 4°C até o momento de análise.

O conjunto de parâmetros selecionados para avaliar a qualidade da água foi: demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), sólidos suspensos totais (SST), nitrogênio amoniacal (NH_4^+) e ortofosfato (PO_4^{3-}), realizados em laboratório. Todas as determinações analíticas e de coleta amostral seguiram o protocolo sugerido pelo Standard Methods (APHA, 2005). Em campo, o parâmetro alcalinidade foi determinado por titulometria, e os parâmetros temperatura, turbidez, oxigênio dissolvido (OD) e potencial hidrogeniônico (pH) foram monitorados em intervalos de cinco minutos, através da utilização de uma sonda Multiparâmetro

Horiba U-53, calibrada previamente a sua utilização. Adicionalmente, a medição da vazão foi realizada à vau, com o equipamento FlowTracker Handheld-ADV^{*} da Sontek.

O teste estatístico para comparação entre amostras utilizado foi o Teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis ao nível de significância de 5% cuja hipótese nula é que as amostras provém da mesma população. A rejeição da hipótese nula implica que as amostras são significativamente diferentes (Gilbert, 1987; Helsel e Hirsch, 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As vazões medidas foram 1,2 m³/s (05/08/12), 1,6 m³/s (03/09/12) e 1,0 m³/s (20/11/12). Em todas as campanhas as variações no nível d'água ao longo do dia foram inferiores a 2 cm, de forma que a vazão pode ser considerada constante durante o período de monitoramento.

A Figura 2 ilustra os dados de qualidade obtidos através da sonda multiparamétrico, com exceção do dia 20/11/2012. A variação da temperatura da água ao longo do dia foi de 1°C, apresentando tendência similar à temperatura do ar (ver Apêndice). Com relação à condutividade, foram medidos valores próximos (0,3 mS/cm) aos obtidos por Scheffer (2006) e Puerari (2011) também no Rio Barigüi, com variação diária de 0,01 mS/cm. De acordo com Margalef (1986) as águas naturais apresentam condutividade de até 0,1 mS/cm, em geral, enquanto valores entre 0,5 e 1,0 mS/cm indicam presença marcante de minerais.

Observa-se que a turbidez, na primeira campanha, manteve-se praticamente constante, com média de 20,6 NTU. Contudo, observa-se um decréscimo inicial entre 8:00 e 10:00, de 30,3 para 20 NTU, seguido de uma estabilização sendo interrompida próximo às 18:00, quando ocorreu um pico de 39,6 NTU. Na segunda campanha se manteve entre 22,1 e 14,4 NTU entre as 7:00 e 12:00. A partir deste horário,

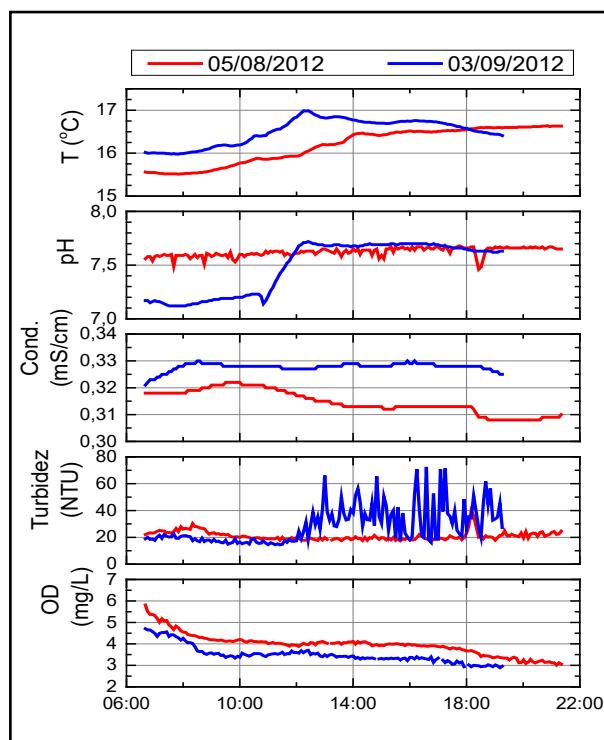


Figura 2- Dados obtidos pela sonda multiparamétrica

vários picos podem ser observados, com oscilações ultrapassando 50 NTU em diversos momentos, mas média de 30 NTU. Não há uma explicação clara para as variações observadas. Para ambas as campanhas os valores são considerados relativamente baixos, visto que a legislação (CONAMA 357/05) estipula valores de até 100 NTU para rios de classe 2.

O pH médio, na campanha 1 foi 7,6, com variação de até 0,23 ao longo do dia (Figura 2). Na campanha 2, observa-se uma variação mais ampla, uma vez que o rio Barigüi passou de uma zona neutra para um patamar levemente alcalino em um período de apenas uma hora. Todos os valores obtidos estão na faixa considerada adequada, pH entre 6,0 e 9,0, para ecossistemas aquáticos de acordo com CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005).

Os resultados dos parâmetros obtidos por métodos analíticos são apresentados nas Figuras 3 e 4. Ao se analisar a variação da DQO em todas as campanhas, observa-se que a terceira apresenta valores mais altos

de concentração. Esse aumento pode ter ocorrido devido à inserção de cargas orgânicas, assim como à menor vazão observada nesse período, evidenciado pela maior carga de DQO em relação às demais campanhas. A variação da DBO acompanhou a da DQO e observações similares podem ser realizadas em relação aos dados da terceira campanha. Em geral os valores médios foram inferiores à 5 mg/L, conforme já observado por outros autores (BEM et al., 2011; MUHLENHOFF et al., 2011). A relação DBO/DQO média foi de 0,27 (s.d. 0,18) sugere que a inserção de matéria orgânica de mais difícil degradação nesse ambiente é marcante. O OD (Figura 3) diminuiu de agosto para novembro como consequência do aumento da temperatura e da DBO.

O ortofosfato se mostrou abaixo do nível de detecção na análise na primeira campanha em todas as amostras, e um aumento de concentração na última campanha para $3,00 \pm 0,66$ mg/L (Figura 3). Considerando que sua origem se dá com a decomposição

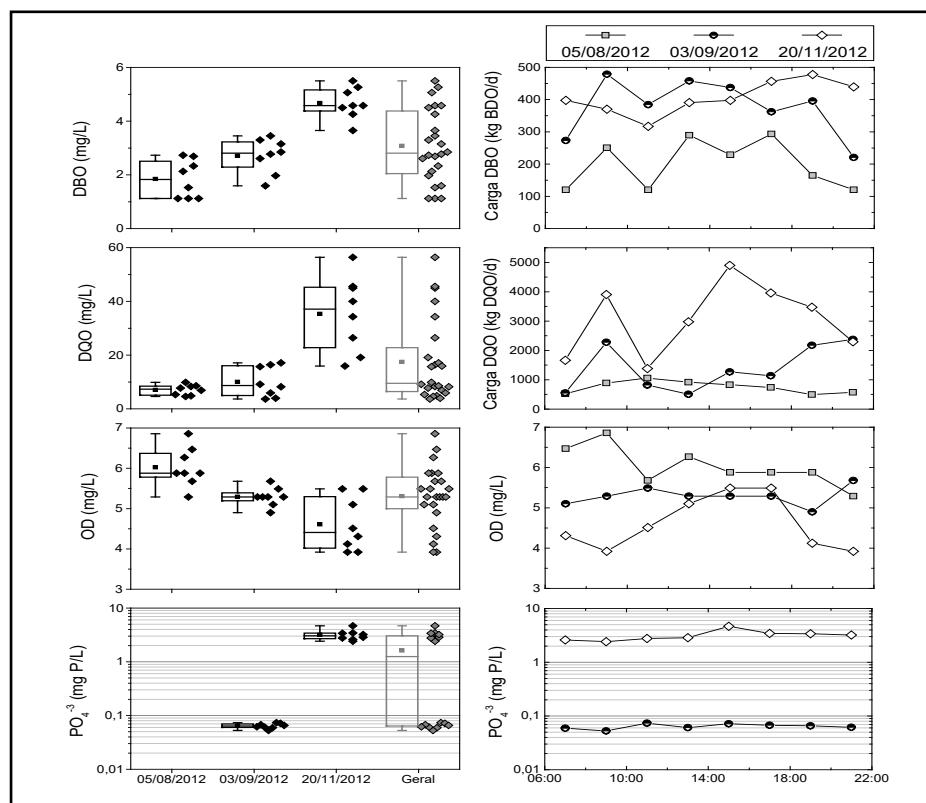


Figura 3 – Variação temporal e diagrama estatístico para DBO, DQO, OD e PO_4^{-3}

biológica de compostos orgânicos, e que essa matéria provém principalmente de excreções animais e restos de alimentos, admite-se que os altos valores encontrados na terceira campanha podem ser resultantes de despejo de esgoto doméstico. A inserção de fontes pontuais ou difusas pode ser confirmada pela maior variação dados nesta campanha, corroborando com as observações relativas à DBO e DQO. A presença de ortofosfato apresentou grande variação entre os meses de coleta assim como observado por Coelho e Kishi (2011) e Bem et al. (2011), porém não foram observados valores comparáveis aos registrados em 20/11/12.

Em relação aos valores de nitrogênio amoniacal, observa-se o aumento de valores entre as campanhas (Figura 4). Estes valores são muito superiores aos encontrados em outros estudos realizados no mesmo rio (COELHO; KISHI, 2011; BEM et al., 2011), os quais foram inferiores a 1,0 mg/L. Esse fato sugere que houve interferência de fontes contaminadoras, provavelmente de despejo de efluentes domésticos em relação aos anos anteriores.

No geral, os valores de alcalinidade situam-se entre 156,8 e 212,8 mgCaCO₃/L para todas as campanhas, sendo variável ao longo do dia. Segundo Braga (2005), pode-se atribuir as concentrações de compostos carbônicos ao terreno calcário, atividades agrícolas e mineradoras nas nascentes do rio Barigüi. Além do mais, a faixa de alcalinidade encontrada na maioria das águas naturais se situa entre 30 e 500 mgCaCO₃/L, raramente excedendo essas concentrações (BITTENCOURT; HÍNDI, 2000).

A concentração de surfactantes não é significativamente (Tabela 1, $p=0,0509$) diferente apesar das variações ao longo do dia. Não apresentou um padrão nas diferentes campanhas ou relações com outros parâmetros ou com o consumo de água para higiene pessoal, uma vez que há evidências de lançamentos de esgoto no rio. Já a oscilação da concentração de SST na campanha 1 foi maior do que nas demais. Apesar disso, os valores determinados estão de acordo com os estudos realizados por Chella et al. (2005), que obteve uma faixa de 0 a 50 mg/L de SST no mesmo trecho do rio. Observa-se que não existe um comportamento padrão entre os distintos dias da semana.

O monitoramento nictemeral permite elaborar descrições e discussões das relações causa-efeito entre

Tabela 1 – Resultados do teste estatístico de comparação de médias de Kruskal-Wallis para os parâmetros de qualidade da água tendo como hipótese nula H_0 de que as amostras tem origem na mesma população

Parâmetro	p	Conclusão
DBO	0,000135	Rejeita
DQO	0,000631	Rejeita
PO ₃ ⁻⁴	0,000777	Rejeita
N-amoniacal	0,0000357	Rejeita
Surfactantes	0,0509	Não rejeita
OD	0,0000472	Rejeita
SST	0,1523	Não rejeita
Alcalinidade	0,0000423	Rejeita

os parâmetros limonológicos, com destaque para as variações e a identificação de valores extremos. A despeito da avaliação tradicional dos dados, é possível observar que muitos parâmetros indicam variação temporal ao longo dos dias e que as características de um dia são significativamente diferentes dos outros (Tabela 1). Adicionalmente, observou-se uma menor qualidade do corpo hídrico nas condições de menor vazão.

A fim de se observar a variação de um parâmetro e a representatividade de uma amostragem única deste, obtiveram-se os dados indicados nas Tabelas 2 e 3. Estas apresentam a relação entre a variância determinada com o conjunto total de dados e a variância obtida considerando apenas uma única informação por campanha, tomada neste caso, arbitrariamente como a média. O intuito de tal análise é avaliar se é possível com um conjunto pequeno de dados, como é tradicional, estimar a variância total dos parâmetros. Logo, quanto mais esta relação se afasta da unidade pior é a estimativa da variância total dos dados. Este estudo foi baseado no trabalho de Antilla et al. (2012), o qual, através de um conjunto grande de dados

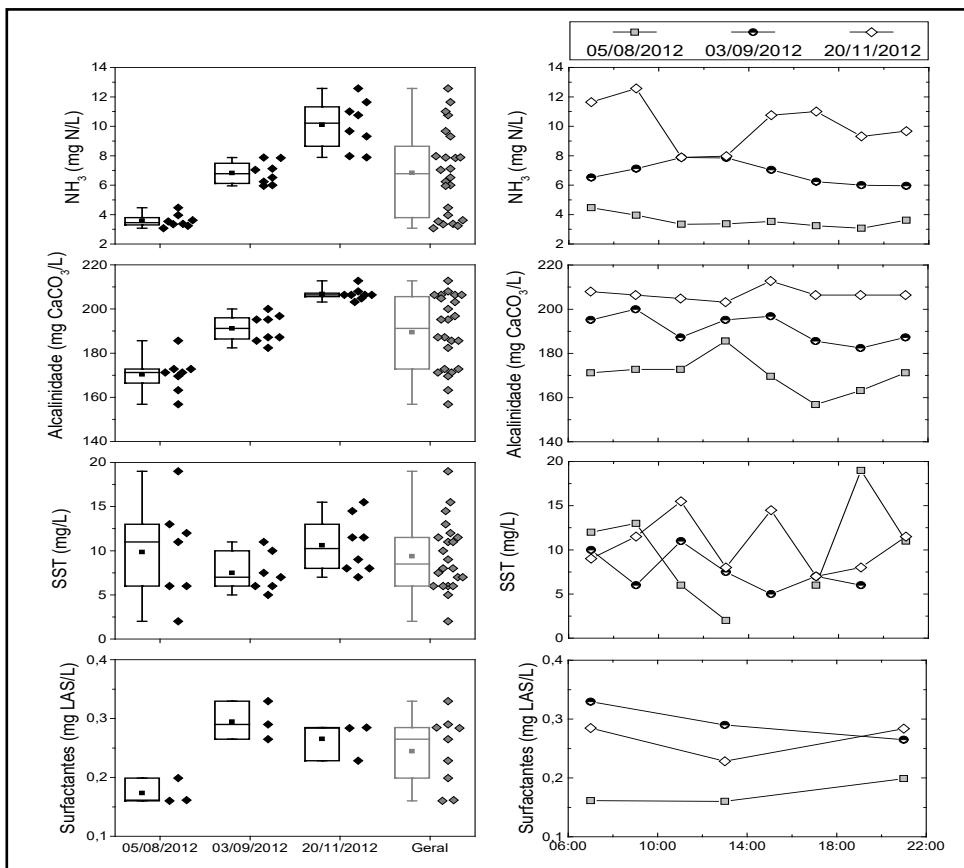


Figura 4 –Variação temporal e diagrama estatístico para NH_3 , alcalinidade, SST e surfactantes.

estudou a representatividade das amostragens para descrição da variância das informações de qualidade da água em um reservatório.

Observa-se que a maioria dos parâmetros analíticos (Tabela 2) apresenta variância de coletas individuais acima da variância obtida a partir de um conjunto maior de dados. Esse fato sugere que a representatividade de amostragens únicas pode prejudicar a avaliação estatística dos parâmetros de qualidade da água. Em contrapartida, SST apresentaram valor baixo, indicando que coletas individuais subestimaram a variância. Possivelmente isso se deve a grande variação de valores durante o dia.

Contrariamente, conforme apresentado na Tabela 3, os parâmetros determinados por meio de sensores apresentaram variância obtida de amostras individuais inferior à variância total do parâmetro. Tal resultado sugere a importância do monitoramento contínuo e

com alta frequência, sendo possível detectar valores extremos, e as variações diárias. Este resultado é evidente para temperatura, sujeita as trocas energéticas e ciclos diários. Parâmetros de qualidade relacionados diretamente aos processos biogeoquímicos como pH, OD e condutividade elétrica apresentam mesma tendência corroborando a importância da variação temporal.

Apesar da limitante quantidade de amostras os resultados da Tabela 1 indicam a importância de um monitoramento contínuo para melhor descrever a variância dos parâmetros de qualidade da água. Adicionalmente, nem todos parâmetros apresentam mesmo comportamento, o que sugere que para alguns a variância pode ser superestimada enquanto para outros subestimada. A magnitude deste desvio é fundamental ao gestor ambiental

Tabela 2 – Estatísticas dos parâmetros de qualidade da água determinados analiticamente e a relação entre variância dos parâmetros de coletas individuais e variância total

Parâmetro	Estatística	*C1	*C2	*C3	*C _{1,2,3}	*C _{total}	Razão: variância(C _{1,2,3})/ variância (C _t)
DBO	Média Variância	1,85 0,44	2,71 0,37	4,67 0,31	3,08 2,10	3,08 1,85	1,14
DQO	Média Variância	7,01 3,23	10,01 27,65	35,33 172,86	17,45 242,00	17,45 239,22	1,01
Nitrogênio amoniacial	Média Variância	3,58 0,17	6,82 0,52	10,10 2,50	6,83 10,64	6,83 8,52	1,25
Ortofosfato	Média Variância	0,00 0,00	0,06 0,00	3,18 0,43	1,08 2,44	1,62 3,30	1,35
SST	Média Variância	9,86 27,27	7,50 4,21	10,63 8,73	9,33 2,65	9,39 15,67	0,17
Surfactantes	Média Variância	0,173 0,000	0,295 0,001	0,266 0,001	0,245 0,004	0,245 0,004	1,10
OD (iodométrico)	Média Variância	6,03 0,21	5,29 0,05	4,67 0,23	5,33 0,46	5,18 0,51	0,91
Alcalinidade	Média Variância	170,40 60,16	191,20 35,20	206,80 6,88	189,47 333,49	189,47 267,56	1,25

Tabela 3 – Estatísticas dos parâmetros de qualidade da água determinados por meio de sensores eletrônicos e a relação entre variância dos parâmetros de coletas individuais e variância total

Parâmetro	Estatística	*C1	*C2	*C _{1,2}	*C _{total}	Razão: variância(C _{1,2})/ variância (C _t)
Turbidez	Média Variância	20,60 10,33	28,34 195,75	24,47 29,88	24,45 109,57	0,27
pH	Média Variância	7,62 0,00	7,48 0,06	7,55 0,01	7,56 0,03	0,31
Temperatura	Média Variância	16,18 0,17	16,50 0,09	16,34 0,05	16,33 0,16	0,33
Condutividade	Média Variância	0,315 0,000	0,328 0,000	0,321 0,000	0,321 0,000	1,59
OD	Média Variância	3,68 0,25	3,51 0,17	3,60 0,01	3,76 0,26	0,05

*C_{1,2,3} são as campanhas de medição, respectivamente em 05/08/12, 03/09/12 e 20/11/12. C_{1,2} ou C_{1,2,3} se referem aos dados utilizando um valor diária como representativo do parâmetro. Neste caso foi utilizado a média. C_{total} se refere aos dados conjuntos de todas as campanhas.

Vandenberge et al. (2005) destacaram que uma coleta discreta muitas vezes é inconclusiva com relação aos processos que podem ocorrer no ambiente, sendo extremamente importante o local e o momento da coleta. A mesma observação pode ser reforçada a partir dos dados apresentados, cuja variabilidade diária das concentrações em diferentes condições hidrológicas alimenta dúvidas a respeito da estacionariedade dos processos durante o dia.

Em vários países em desenvolvimento, os pontos de monitoramento estão localizados em locais de mais fácil acesso, e tendem a aumentar seguindo padrões de crescimento populacional ou de instalações industriais. Já a frequência de coleta não é levada em consideração com relação a essas necessidades, mas com o custo relacionado a elas (NING; CHANG, 2001). A frequência com que são realizadas campanhas de monitoramento normalmente segue o conhecimento prévio de seus organizadores, e limitam-se a observação da influência de grandes eventos em um corpo d'água, como, por exemplo, florações.

O monitoramento contínuo pode facilitar a identificação de fontes poluidoras, detectar mudanças repentinas no ambiente, melhorar a compreensão dos processos químicos e biológicos em diferentes escalas de tempo e gerar uma resposta mais rápida dos tomadores de decisões (Glasgow et al., 2004). Descargas pontuais, difusas ou lançamentos instantâneos podem ser detectados mediante um monitoramento confiável e em frequência que permita a observação de eventos de curta duração (Burgeois et al., 2003).

CONCLUSÕES

Constatou-se que para muitos parâmetros a variabilidade intra-dia é significativa e deve ser considerada pelo gestor de qualidade da água. Adicionalmente, demonstrou-se que uma coleta simples para cada dia pode ser representativa do estado do corpo d'água no dia, uma vez que amostras de dias diferentes são significativamente distintos, porém, pouco representativa para descrever a variância da propriedade.

Esta pesquisa não esgotou as questões acerca do monitoramento nictemeral de qualidade da água, mas destacou a importância da variabilidade nictemeral e

seu papel relevante nas estratégias de monitoramento de qualidade da água. Não foi observada variação de vazão de água ao longo de cada dia de monitoramento, contudo, a variação ao longo das coletas releva sua importância na diluição, suas propriedades de transporte e a indissociabilidade entre as medições de quantidade e qualidade.

APÊNDICE

A Figura A1 ilustra alguns dos dados meteorológico coletados em estação meteorológica nas margens do local de monitoramento de qualidade da água com resolução temporal de 10 minutos.

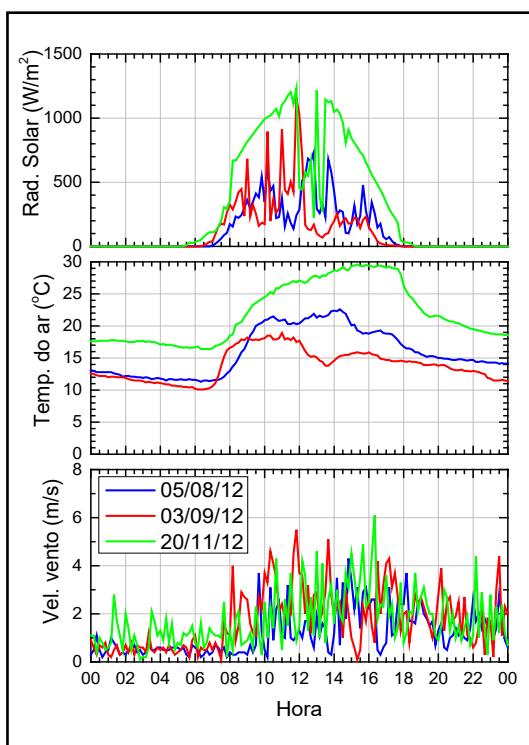


Figura A1 – Variação temporal da radiação solar, temperatura do ar e velocidade do vento durante as campanhas de monitoramento de qualidade da água

Referências

ANTILLA, S.; KETOLA, M.; VAKILLAINEN, K.; KAIRESALO, T. Assessing temporal representativeness of water quality monitoring data. *Journal of Environmental Monitoring*, v.14, p.589-595, 2012.

APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21°ed. American Public Health Association, Washington, DC, 2005.

138

BALTAÇI, F.; ONUR, A. K.; TAHMISCIOGLU, S. Water quality monitoring studies of Turkey with present and probable future constraints and opportunities. *Desalination*, v.226, p.321-327, 2008.

BARDDAL, M. L.; RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; CURCIO, G. R. Caracterização florística e fitossociológica de um trecho sazonalmente inundável de floresta aluvial, em Araucária, PR. *Ciência Florestal*, v.14, n.2, p.37-50, 2003.

BEM, C. C.; AZEVEDO, J. C. R.; FERNANDES, C. V. S. Avaliação das Características da Matéria Orgânica em uma Bacia Urbana - Estudo de Caso da Bacia do Rio Barigüi. *Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 2011, Maceió.

BRAGA, S. M. Análise do potencial de utilização de sensores automáticos hidroambientais: estudo de caso da bacia do rio Barigüi. 2005. 143 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Paraná. 2005.

BRAGA, S. M. Uma nova abordagem para integração entre quantidade e qualidade da água para a avaliação da poluição difusa. 2013. 150p. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Paraná. 2013.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p.

BRASIL. Lei No 9433/1997, de 9 de janeiro de 1997.

BRASIL. Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente, 2005. 23p.

BURGEOIS, H.; HOBGEN, P.; PIKE, A.; STUETZ, R. M. Development of a sensor array based measurement system for continuous monitoring of water and wastewater. *Sensors and Actuators B*, v.88, p.312-319, 2003.

CHELLA, R. M.; FERNANDES, C. V. S.; FERMIANO, G. A.; FILL, H. D. Avaliação do transporte de sedimentos no rio Barigüi. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.10, n.3, p.105-111, 2005.

CLAESSENS, L.; HOPKINSON, C.; RASTETTER, E.; VALLINO, J. Effect of historical changes in land use and climate on the water budget of an urbanizing watershed. *Water Resources Research*, v.42, n.3, p.1-13, 2006.

COELHO, M. Estratégia para monitoramento da qualidade da água para a gestão de recursos hídricos em bacias urbanas. 2013. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Paraná. 2013.

COELHO, M; KISHI, R. T. Caracterização de Cargas Orgânicas nos Rios Barigüi, Belém e Atuba na Bacia Hidrográfica do Alto Iguaçu. *Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 2011, Maceió.

ESTEVES, F. A.; BOZELLI, R. L.; CAMARGO, A. F; M., ROLAND, F.; THOMAZ, S. M. Variação diária (24 h) de temperatura, oxigênio dissolvido, pH e alcalinidade em duas lagoas costeiras do estado do Rio de Janeiro e suas implicações no metabolismo desses ecossistemas. *Acta Limnológica Brasiliensis*, v.11, p.99-127, 1988.

FILL, H. D.; SANTOS, I.; FERNANDES, C. V. S.; TOCZECK, A.; OLIVEIRA, M. F. Balanço hídrico da bacia do rio Barigüi, PR. Ra'e Ga, n.9, p.59-67, 2005.

FRANÇA, M. S.; FERNANDES, C. V. S.; KAVISKY, E.; KNAPIK, H. G.; PORTO, M. F. A. Análise multivariada dos dados de monitoramento de qualidade de água: estudo de caso da Bacia do Alto Iguaçu. Anais do XVIII Simpósio de Recursos Hídricos, 2009, Campo Grande.

FULAN, J. F.; DAVANZO, R. C. S.; HENRY, R. A variação nictemeral das variáveis físicas e químicas da água influencia a abundância dos macroinvertebrados aquáticos? Revista Brasileira de Biociências, v.7, n.2, p.150-154, 2009.

GEIB, S.; EINAX, J. Multivariatecorrelationanalysis – a method for theanalysisof multidimensional time series in environmentalstudies. Chemometric and Intelligent Laboratory Systems, v.32, p.57-65, 1996.

GILBERT, R. O. Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring. New York: Wiley, 1987.

GLASGOW, H. B.; BURKHOLDER, J. M.; REED, R. E.; LEWITUS, A. J.; KLEINMAN, J. E. Real-time remote monitoring of water quality: a review of current applications, and advancements in sensor, telemetry, and computing technologies. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, v.300, p.409– 448, 2004.

GONÇALVES, V. D. Avaliação de Alterações de Parâmetros de Qualidade da Água em uma Seção Transversal - Seu impacto para a Gestão de Recursos Hídricos. 2011. 119f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Paraná. 2011.

GUEDES, H. A. S.; SILVA, D. D.; ELESBON, A. A. A.; RIBEIRO, C. B. M.; MATOS, A. T.; SOARES, J. H. P. Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.16, n.5, p.558-563, 2012.

HARMANCIOLU, N. B.; FISTIKOGLU, O.; OSKUL, S. D.; SINGH, V. P.; ALPASLAN, M. N. Water Quality Monitoring Network Design. Holanda: Kluwer Academic Publishers, 1999.

HELSEL, D. R.; HIRSCH, R. M. Statistical Methods for Water Resources. In Techniques of Water-Resources Investigation of the United States Geological Survey, Book 4, Hydrologic Analysis and Interpretation. U. S. Geological Survey, 2002.

KÖNIG, A.; SOUSA, M. S. M.; COSTA, N. A. F.; FREITAS, V. L. B.; CEBALLOS, B. S. O. Variação nictemeral da qualidade do efluente final de uma lagoa facultativa secundária e a influência das algas. Anais do 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, p. 587-595, 2000.

LACERDA, S. R.; KOENING, M. L.; NEUMANN-LEITAO, S. and FLORES-MONTES, M. J.. Phytoplankton nyctemeral variation at a tropical river estuary (Itamaracá - Pernambuco - Brazil). Brazilian Journal of Biology, v.64, n.1, p.81-94, 2004.

MARGALEF, R. Limnología. Espanha: Omega, 1986.

MIWA, A. C. P. Avaliação do sistema de tratamento de esgoto de Cajati, Vale do Ribeira de Iguaçu (SP), em diferentes épocas do ano. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) – Universidade de São Paulo. São Carlos, São Paulo. 2007.

MUHLENHOFF, A.P.; KNAPIK, H.G.; FERNANDES, C.V.S. Avaliação dos erros de Calibração de Modelos Matemáticos de Qualidade da Água e seu Impacto para a Gestão de Recursos Hídricos: Estudo de Caso das Bacias do Alto Iguaçu e Barigüi. Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2011, Maceió.

NECCHI Jr., O.; BRANCO, L.H.Z.; BRANCO, C.C.Z. Análise nictemeral e sazonal de algumas variáveis limnológicas em um riacho no noroeste do estado de São Paulo. *Acta limnológica Brasiliensis*, v.8, p.169-182, 1996.

NING, S. K.; CHANG, N. B. Multi-objective, decision-based assessment of a water quality monitoring network in a river system. *Journal of Environmental Monitoring*, v.4, p.121-126, 2002.

PUERARI, L. Avaliação Ambiental dos Rios Barigüi e Alto Iguaçu (Paraná): A contaminação atual e a contaminação residual relacionada ao acidente da REPAR (2000). 2011. 111f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal do Rio grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

REINELT, L. E.; RICHARD, R. H.; REINHOLD, C. Non-point Source Water Pollution Management: Improving Decision-making Information Through Water Quality Monitoring. *Journal of Environmental Management*, v.34, p. 15-30, 1992.

RODRIGUES, P. M. S. M.; RODRIGUES, R. M. M.; COSTA, B. H. F.; MARTINS, A. A. L. T.; SILVA, J. C. G. E. Multivariate analysis of water quality variation in Serra da Estrela (Portugal) Natural Park as a consequence of road deicing with salt. *Chemometric and Intelligent Laboratory Systems*, v. 102, p. 130-135, 2010.

SANDERS T.G.; WARD R.C.; LOFTIS J.C.; STEELE T.D.; ADRIAN D.D.; YEVJEVICH V. Design of networks for monitoring water quality. EUA: Water Resources Publications LLC, 1983.

SANDERS, T. G. Representative sampling location criterion for rivers. *Water SA*, v. 8, n. 4, p. 169-172, 1982.

SANTOS, V. R.; COSTA, D. J. L.; TEIXEIRA, D. Variação nictemeral de parâmetros físico-químicos e biológicos do Ribeirão das Cruzes, Araraquara-SP. *Revista Uniara*, v. 13, n. 2, p. 90-104, 2010.

SCHEFFER, E. W. O. Dinâmica e comportamento do cobre em ambientes aquáticos urbanos: influência de fatores geoquímicos e de sulfetos solúveis. 2006. 95 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

STROBL, R. O.; ROBILLARD, P. D. Network design for water quality monitoring of surface freshwaters: A review. *Journal of Environmental Management*, v. 87, p. 639-648, 2008.

THOMAZ, S. M.; ROBERTO, M. C.; LANSAC TOHA, F. A.; LIMA, A. F.; ESTEVES, F. A. Características limnológicas de uma estação de amostragem do alto rio Paraná e outra do baixo rio Ivinheima - (PR, MS-Brasil). *Acta Limnologica Brasiliensis*, v.4, p.32-51, 1992.

TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. *Scientia Agricola*, v.59, n.1, p.181-186, 2002.

TRINDADE, C. R. T.; FURLANETTO, L. M.; PALMA-SILVA, C. Nychthemeral cycles and seasonal variation of limnological factors of a subtropical shallow lake (Rio Grande , RS, Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensis*, v. 21, pp.35-44, 2009.

TUNDISI, J. G. Água no Século 21: Enfrentando a escassez. São Paulo, Brasil: RiMa Artes e Textos, 2003.

VANDENBERGHE, V.; GOETHALS, P. L. M.; VAN GRIENSVEN, A.; MEIRLAEN, J.; DE PAUW, N.; VANROLLEGHEM, P.; BAUWENS, W. Application of automated measurement stations for continuous water quality monitoring of the Dender river in Flanders, Belgium. *Environmental Monitoring and Assessment*, v.108, p.85-98, 2005.

Maiara Soares de Carvalho Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil

maiara@ufpr.br

Contribuição do autor:

Medições, análises químicas, análise estatística, revisão bibliográfica e redação do artigo.

Michael Mannich Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil

mannich@ufpr.br

Contribuição do autor:

Medições, análise estatística, medição de vazão, revisão bibliográfica e redação do artigo.

Bruna Vigo Pinto Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil

brunavigo@bol.com.br

Contribuição do autor:

Medições, análises químicas.

Cinthia M. I. da Cunha Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil

cinthiaitibere@hotmail.com

Contribuição do autor:

Medições, análises químicas.