

# DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE EXPORTAÇÃO DE FÓSFORO EM ÁREAS AGRÍCOLAS

GABRIELA P. CORRÊA<sup>1</sup>; CYNARA L. N. CUNHA<sup>2</sup> E CAMILA C. A. BITENCOURT<sup>3</sup>

1. Mestre em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. Fone: +55(41)3320-2027. E-mail: gabrielapaco@yahoo.com.br

2. Doutora em Recursos Hídricos, Professora do Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. Fone: +55(41)3320-2027. E-mail: cynara@ufpr.br

2. Mestranda em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. Fone: +55(41)3320-2027. E-mail: carvalho\_camila@ymail.com

## Resumo:

O conhecimento e a avaliação do aporte de fósforo em corpos hídricos são de grande importância em estudos de eutrofização em reservatórios. No que diz respeito ao aporte difuso, o comportamento é influenciado pela intermitência temporal e espacial do processo de escoamento superficial, o que dificulta as análises de estimativa de carga difusa. O objetivo desse trabalho foi estimar os coeficientes de exportação de fósforo total na bacia do rio Verde, Curitiba/PR, utilizando a metodologia do CME (Concentrações Médias de Eventos de Chuva) e analisar a variabilidade encontrada com a precipitação. A análise foi realizada em três etapas: 1 – levantamento do uso e ocupação do solo e distribuição das sub-bacias dos 14 rios tributários; 2- cálculo dos CEs mensais de fósforo orgânico e inorgânico da atividade agrícola, através dos dados monitorados nos tributários, as vazões dos mesmos e a proporção da 'Área agrícola', definida inicialmente; e 3 - associação dos CEs com os dados de precipitação acumuladas em 3 dias (P3). Os resultados de julho e outubro apresentaram baixos valores de P3 e CEs na ordem de 0,0008 a 0,0015 kg/dia.ha. Nos demais meses a precipitação foi mais elevada e os valores de CEs variaram entre 0,0018 e 0,0049 kg/dia.ha. Esses intervalos vão de encontro com Gomes et al. (1998), que a partir de experimentos de campo, realizados no estado de São Paulo, mostrou um coeficiente de 0,00066 kg/dia.ha para bacias agrícolas com baixa pluviometria e de 0,00346 kg/dia.ha quando o regime pluviométrico não é especificado. A partir de uma análise simples identificou-se a variabilidade do CE de fósforo total em uma bacia predominantemente agrícola, o que corrobora com o esperado, uma vez que o CE é influenciado pela intermitência do escoamento superficial decorrente das precipitações. Conclui-se que a variação entre os valores calculados proporcionam diferentes graus de criticidade à qualidade da água, destacando a importância da escolha adequada do CE em estudos envolvendo cargas difusas, tema relevante tanto em níveis de pesquisa quanto em planejamento de bacias hidrográficas.

**Palavra-Chave:** Carga difusa, Fósforo, Coeficiente de exportação, Reservatório do rio Verde.

**Tema:** 2. Águas e serviços dos ecossistemas.

## 1. Introdução

O conhecimento e a avaliação do aporte de fósforo em corpos hídricos é um tema de grande importância em estudos sobre os potenciais efeitos relacionados à qualidade das águas superficiais, principalmente a ocorrência do fenômeno de eutrofização em reservatórios.

De acordo com Esteves (1988) e Von Sperling (2005), esse aporte pode ocorrer devido à contribuição pontual de lançamentos de efluentes, como é o caso dos efluentes domésticos e industriais, e à contribuição difusa decorrente do processo de lixiviação e erosão do solo por meio do escoamento superficial da bacia. Para esse último grupo, destacam-se as áreas destinadas às atividades agrícolas, devido ao uso de fertilizantes fosfatados em muitas das práticas de manejo do solo (MORUZZI *et al.*, 2012).

No que tange a abordagem difusa, o comportamento do aporte é uma característica dependente da variabilidade temporal e espacial de um conjunto de elementos que influenciam no processo de escoamento superficial da bacia, como a frequência, intensidade e duração das chuvas, o tipo e manejo do solo, a declividade do terreno, a cobertura vegetal, as propriedades geológicas, dentre outros pontos, (ANA, 2013).

Nesse sentido, demonstra-se a importância do desenvolvimento de estudos que busquem avaliar a não regularidade da contribuição difusa por meio da articulação com as variáveis envolvidas no processo, de modo que seja possível identificar a representatividade das mesmas e ajustá-las a partir dos dados observados em campo.

Em relação aos métodos de análise para a estimativa dessas cargas, Gomes *et al.* (1998) apresenta 3 tipos de grupos básicos: métodos que utilizam coeficientes de exportação; métodos que utilizam concentrações médias de eventos de chuva (CME); e métodos que utilizam modelos de simulação conjunta de deflúvios e qualidade da água.

A análise através de coeficientes de exportação consiste em aplicar taxas de geração de carga (expressas em unidades de massa/tempo.área) para diferentes categorias de uso do solo. Segundo Moruzzi *et al.* (2012), Dillon & Kirchner (1975) foram os primeiros autores a estimar coeficientes através de observações sob condições hidrológicas médias em bacias hidrográficas e a relacionar os valores encontrados com a geologia do terreno e o uso e ocupação do solo. Para tanto, o estudo avaliou os dados medidos em 34 bacias no sul de Ontario, no Canadá. Desde então, diversos outros trabalhos ao redor do mundo foram realizados para a determinação de coeficientes de exportação. No entanto, o uso dessa metodologia deve ser feita com cautela, uma vez os valores geralmente representam condições hidrológicas médias e a possibilidade de regionalização de um coeficiente vai depender da similaridade entre o comportamento das variáveis envolvidas.

Na análise que utiliza a CME, um conceito amplamente utilizado na literatura internacional, a estimativa da carga é feita pelo produto da CME e do volume de escoamento superficial. De acordo com Porto e Haupt (2004), citado por Haupt (2009), para a obtenção do valor da concentração é preciso 'Monitoramento de Tempo Úmido' com coleta de amostras de qualidade da água ao longo do desenvolvimento do hidrograma. Esse tipo de análise pode ser aplicado em áreas com diferentes tipos de uso do solo e é mais indicado para bacias de pequeno porte, visto que as bacias de médio e grande porte exigem uma maior quantidade de pontos de monitoramento e de eventos analisados, o que pode elevar o custo da análise.

No caso da estimativa de carga difusa por meio de modelos de simulação, Gomes *et al.* (1998) salientam que a metodologia geralmente demanda uma ampla base de dados e é mais indicada para bacias hidrográficas que possuam monitoramento representativo

espacial e temporal de variáveis hidrológicas, climatológicas, geológicas, de uso do solo e de qualidade da água. Dados que são fundamentais para alimentar o modelo e para a etapa de calibração.

Nesse artigo são mostrados os resultados da análise do aporte de fósforo de origem agrícola na área de entorno do reservatório do rio Verde, localizado na porção oeste da RMC e utilizado para o abastecimento da Refinaria Presidente Getúlio Vargas (REPAR) da Petrobras e suas instalações, além da previsão para abastecimento da RMC, inclusive já com outorga concebida à SANEPAR ANDREOLI *et al.*, 2011b).

O desenvolvimento dessa avaliação foi feito considerando a metodologia do CME para a determinação do comportamento do coeficiente de exportação da área de estudo. Para tanto, foram utilizados os dados de vazão estimados pelo software SWAT, trabalhados anteriormente no estudo de CUNHA *et al.* (2011), e os dados de monitoramento de fósforo orgânico e inorgânico dos meses de março a dezembro de 2010 na estação TE10, um dos rios tributários ao reservatório do Verde e com características predominantemente agrícolas.

## **2. Materiais e Métodos**

### **2.1. Área de Estudo**

O reservatório do rio Verde está localizado na porção oeste da Região Metropolitana de Curitiba (RMC) e inserido na bacia do rio Verde, com área total de 239 km<sup>2</sup> e delimitada pelos municípios de Araucária, Balsa Nova, Campo Magro, Campo Largo e Contenda.

A barragem foi construída entre os anos de 1974 e 1976 pela Petróleo Brasileiro S. A (PETROBRAS) com a finalidade de atender a Refinaria Presidente Getúlio Vargas (REPAR). Atualmente, o reservatório conta com 1,9 m<sup>3</sup>/s de vazão regularizada e com duas outorgas concebidas, a da PETROBRAS com 0,84 m<sup>3</sup>/s, e a da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) com 0,25 m<sup>3</sup>/h, para futuro abastecimento público (DOETZER *et al.*, 2009).

O reservatório possui profundidade média de 5,6 m, e máxima de 11 m na região próxima à captação da REPAR. A largura máxima é de 1,3 km e o comprimento é de aproximadamente 7,5 km. A delimitação do entorno da área alagada possui característica morfométrica dendrítica, formada pelos braços dos 14 rios tributários.

Como parte do “Programa de Avaliação, Classificação e Monitoramento da Qualidade de Água dos Reservatórios do Estado do Paraná” para aplicação do IQAR (Índice de Qualidade de Água de Reservatórios), o reservatório do rio Verde é monitorado semestralmente pelo Instituto das águas do Paraná desde 1987 (ANDREOLI *et al.*, 2011b). Os registros são feitos na estação R4, localizada próxima à barragem.

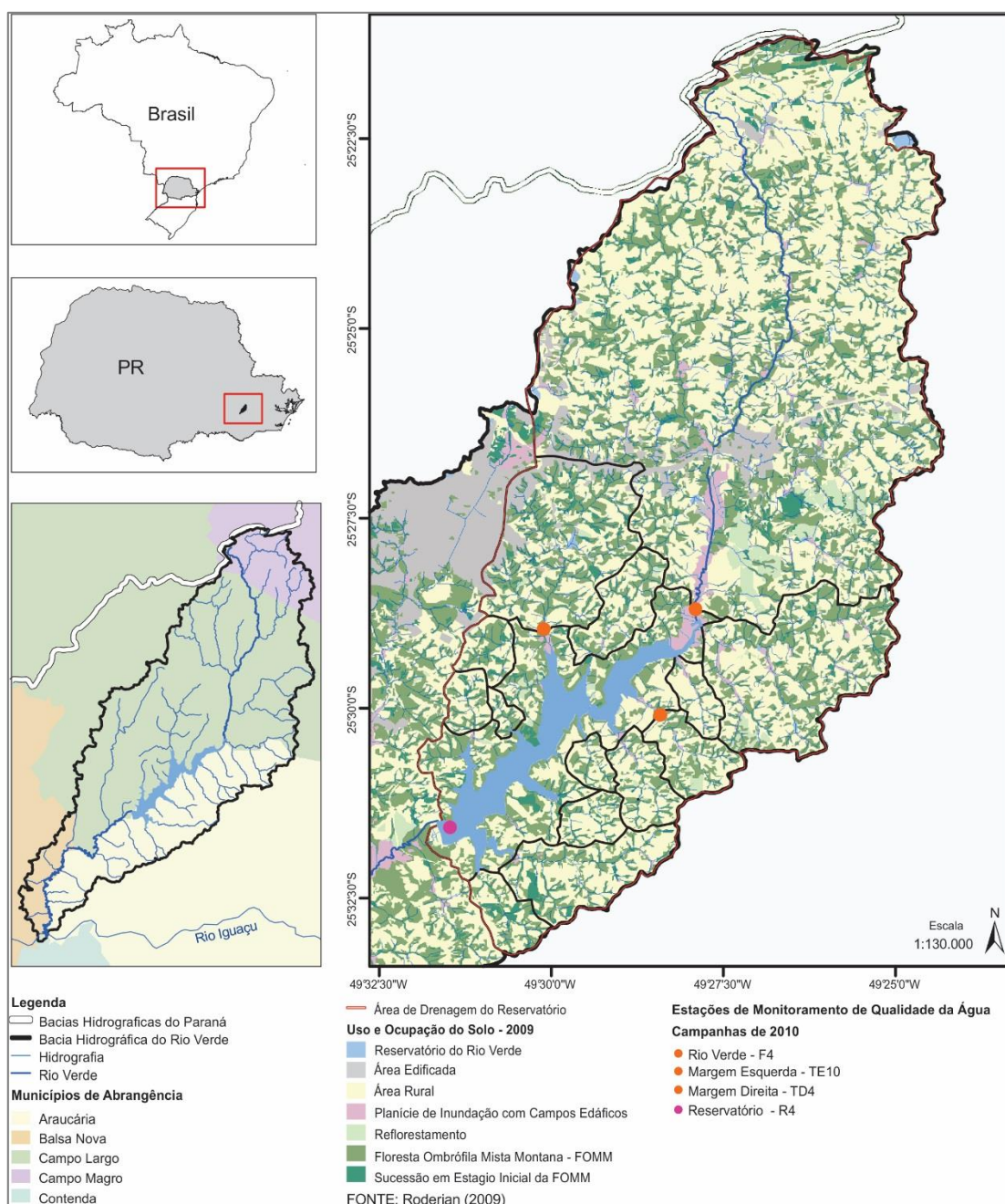
No ano de 2005, foi registrada a floração algal da espécie *Cylindrospermopsis reciborskii*, uma cianobactéria potencialmente tóxica, atingindo o valor 96.489 células/mL. Em virtude dessa ocorrência e da importância do corpo hídrico, a Petrobras em parceria com a Universidade Federal do Paraná (UFPR) passaram a desenvolver o projeto “Estudo Interdisciplinar na Bacia do rio Verde”, com o objetivo de gerar pesquisas que permitam o conhecimento da dinâmica ambiental da bacia hidrográfica e proponham ações preventivas para o manejo da área.

Através desse processo, no ano de 2010 foram feitas campanhas mensais de monitoramento de qualidade da água em 3 dos 14 tributários do reservatório e também na estação R4. No Quadro 1 são mostrados os parâmetros avaliados nessas campanhas e na

Figura 1 é apresentada a localização da área de estudo, juntamente com as estações de análise e a caracterização do uso e ocupação do solo da bacia do rio Verde.

**Quadro 1.** Parâmetros monitorados nas campanhas de 2010

| Estação | Corpo Hídrico               | Parâmetros monitorados                                                                                                                                                                                              |
|---------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| F4      | Rio Verde                   | pH; condutividade; turbidez; oxigênio dissolvido (OD); temperatura da água; sólidos totais; potencial redox; fósforo total; silicato; fósforo inorgânico; nitrogênio amoniacal; nitrito; nitrato; nitrogênio total; |
| TD4     | Afluente da margem direita  |                                                                                                                                                                                                                     |
| TE10    | Afluente da margem esquerda |                                                                                                                                                                                                                     |
| R4      | Reservatório                |                                                                                                                                                                                                                     |



**Figura 1.** Localização da Área de Estudo

A área correspondente à bacia de drenagem do reservatório (marcada pela demarcação vermelha da Figura 1) contempla a Área de Proteção Ambiental (APA) do rio Verde, abrangendo parte dos municípios de Araucária e Campo Largo, e a Unidade de Planejamento Territorial (UTP) de Campo Magro. A APA foi instituída pelo Decreto Estadual nº 2.375 de 31 de julho de 2000 a fim de proteger e conservar a qualidade ambiental dos sistemas naturais, especialmente em termos de quantidade e qualidade para fins de abastecimento público.

Observando a bacia de drenagem do reservatório, destaca-se a categoria de uso do solo 'Área rural', representando 53,05% (87,92 km<sup>2</sup>) da área total. Dentro dessa categoria, cabe apontar a importância das atividades agrícolas na bacia do rio Verde em comparação às atividades pecuárias, com sistema predominante de cultivo direto e uso de fertilizantes e agrotóxicos (ANDREOLI *et al.*, 2011a)

A porção relativa à categoria 'Área edificada' corresponde em torno de 3,28% do espaço. Apesar de menos expressiva quando comparada à 'Área rural', destaca-se o eixo de expansão populacional, localizado principalmente na sede do município de Campo Largo e na BR 277, conforme apresentado no estudo de Caneparo *et al.* (2011).

## **2.2. Metodologia Utilizada**

A análise do aporte de fósforo de origem agrícola na bacia do reservatório do rio Verde foi feita considerando a variabilidade temporal intrínseca à temática em questão, ou seja, associando os dados de precipitação na bacia com os coeficientes de exportação estimados para cada um dos meses de março a dezembro de 2010.

Essa estimativa foi feita considerando a metodologia do CME. Para tanto, foram utilizados os dados de vazão estimados pelo software SWAT, trabalhados anteriormente no estudo de CUNHA *et al.* (2011), e os dados de monitoramento de fósforo orgânico e inorgânico dos meses de março a dezembro de 2010 na estação TE10, um dos rios tributários ao reservatório do Verde e com características predominantemente agrícolas.

O procedimento de cálculo dos coeficientes de exportação de fósforo foi realizado em duas etapas:

- Etapa 1: que trabalhou as informações de uso e ocupação do solo de 2009 nos 14 rios tributários do reservatório; e
- Etapa 2: que estimou valores mensais de coeficientes de exportação de fósforo orgânico e inorgânico

A Etapa 1 teve o objetivo de identificar a área destinada às atividades agrícolas a partir da informação de uso e ocupação do solo da bacia do rio Verde, elaborada por Roderjan (2009) e apresentada anteriormente na Figura 1. Para tanto, foi realizado o cruzamento das informações no nível das sub-bacias dos 14 tributários do reservatório através do software ArcGIS 9.3.

Como mostra o estudo de Caneparo *et al.* (2011), a categoria 'Área rural', definida no mapa de uso do solo elaborado por Roderjan (2009), foi dividida em quatro categorias, seguindo a proporcionalidade das informações do mapa de uso do solo de 2000 da bacia: 'Cultura permanente', 'Cultura temporária', 'Granjas' e 'Campos'.

A soma das categorias 'Cultura permanente' e 'Cultura temporária' foi nomeada de 'Área agrícola', e representa a parcela destinada às atividades agrícolas no mapa de 2009.

A proporção com base no mapa de 2000 foi considerada pertinente, uma vez Caneparo *et al.* (2011) confere similaridade entre as categorias de uso e ocupação do solo de 2000 e de 2009, como mostra o Quadro 2.

**Quadro 2.** Comparação do uso e ocupação do solo nos anos de 2000 e 2009

| Categoria |                                           | Uso e Ocupação do Solo (2000) |       | Uso e Ocupação do Solo (2009) |       |
|-----------|-------------------------------------------|-------------------------------|-------|-------------------------------|-------|
|           |                                           | Km <sup>2</sup>               | %     | Km <sup>2</sup>               | %     |
| 1         | Floresta Ombrófila Mista Montana (FOMM)   | 75,79                         | 31,74 | 80,88                         | 33,87 |
| 2         | Sucessão em estágio inicial da FOMM       | 12,88                         | 5,39  | 8,27                          | 3,46  |
| 3         | Planície de inundação com campos edáficos | 0,00                          | 0,00  | 6,98                          | 2,92  |
| 4         | Área rural                                | 121,90                        | 51,03 | 116,57                        | 48,82 |
| 5         | Área edificada                            | 13,00                         | 5,45  | 14,99                         | 6,28  |
| 6         | Corpos d'água                             | 9,57                          | 4,00  | 7,56                          | 3,14  |
| 7         | Reflorestamento                           | 5,72                          | 2,39  | 3,61                          | 1,51  |

FONTE: Adaptado de Capeparo *et al.* (2011)

O produto final da Etapa 1 distribuiu as informações do mapa de uso e ocupação do solo de 2009 de cada sub-bacia em nove categorias: 'Floresta Ombrófila Mista Montana (FOMM)'; 'Sucessão em estágio inicial da FOMM'. 'Planície de inundação com campos edáficos'; 'Área agrícola'; 'Campos'; 'Granjas'; 'Área edificada'; 'Corpos d'água'; e 'Reflorestamento'.

Na análise da Etapa 2, é importante destacar que o banco de dados de monitoramento de qualidade da água e de vazão faz referência ao ano de 2010 e as informações de uso e ocupação do solo ao ano de 2009. No entanto, a baixa modificação do uso e ocupação do solo da região de estudo torna condizente a articulação dessas variáveis mesmo para essa diferença de período.

Para a estimativa dos coeficientes de exportação de fósforo orgânico e inorgânico, foi considerada como referência a estação TE10, pelo fato de possuir como fonte poluidora predominantemente a atividade agrícola. O cálculo foi feito para cada mês de março a dezembro de 2010, de acordo com os dados de monitoramento, os dados de vazões do tributário e a proporção da 'Área agrícola' definida na Etapa 1. Abaixo são apresentadas as equações trabalhadas:

$$CE_{P \text{ orgânico}} = \frac{C_{P \text{ orgânico}} Q_{\text{Tributário}}}{\text{Área agrícola}} \quad (1)$$

$$CE_{P \text{ inorgânico}} = \frac{C_{P \text{ inorgânico}} Q_{\text{Tributário}}}{\text{Área agrícola}} \quad (2)$$

“em que:

$CE_P$  representa o coeficiente de exportação de fósforo orgânico/inorgânico (Kg/dia.ha);

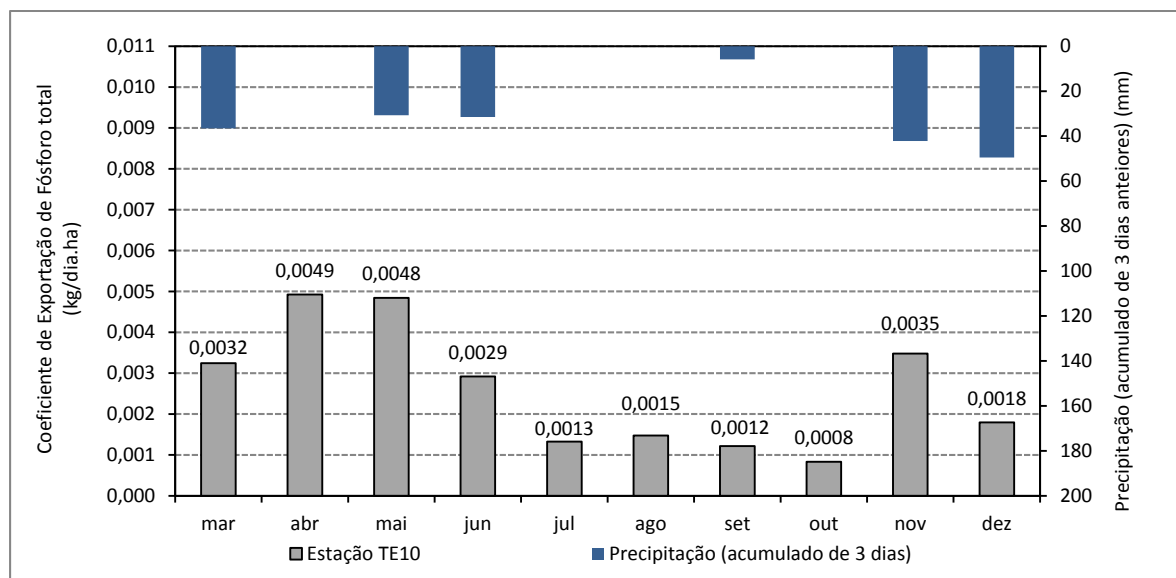
$C_P$  representa a concentração de fósforo orgânico/inorgânico (Kg/L);

$Q_{\text{Tributário}}$  representa a vazão do tributário (L/d); e

'Área agrícola' representa a parcela destinada às atividades agrícolas (ha).

### 3. Resultados e Discussões

Na Figura 2 são apresentados os valores mensais dos coeficientes de exportação de fósforo total calculados e as precipitações acumuladas no período de 3 dias (P3). O valor de P3 é dado pela soma do registro pluviométrico do dia do monitoramento de qualidade da água e dos registros de dois dias anteriores. A associação com os dados de chuva agrega maior confiabilidade à estimativa do coeficiente de exportação de carga difusa agrícola, uma vez que o aporte da mesma está relacionado com o escoamento superficial da bacia, que tem como principal forçante a precipitação.



**Figura 2.** Coeficientes de exportação de fósforo

De uma maneira geral, entre julho e outubro, são observados baixos valores de P3 e, também, de coeficientes de exportação. Nos meses com maiores valores de P3, os coeficientes também são mais elevados, exceto no caso do mês de abril. Porém, o comportamento não linear entre essas variáveis pode ser explicado pelas características de outras forçantes que se relacionam com o escoamento superficial, como o tipo de vegetação, o manejo do solo, a declividade do terreno, a duração, a frequência e a intensidade da chuva, dentre outros pontos que podem contribuir ao aporte de fósforo ou favorecer a diluição da substância.

A estimativa dos coeficientes de exportação de fósforo total varia na ordem de 0,0008 a 0,0049 kg/dia.ha. Entre os meses de julho e outubro, os coeficientes variam de 0,0008 a 0,0015 kg/dia.ha, e nos demais meses o parâmetro foi estimado na faixa de 0,0018 a 0,0049 kg/dia.ha.

Esses intervalos vão de encontro com os dados apresentados no estudo de Gomes *et al.* (1998), que estimou o coeficiente de exportação a partir de experimentos de campo, realizados para a Secretaria de Meio Ambiente de São Paulo. O valor estimado foi de 0,00066 kg/dia.ha para bacias com predominância da atividade agrícola e para condições de baixa pluviometria. O estudo de Gomes *et al.* (1998) mostra, também, o coeficiente utilizado no MQUAL (Modelo de Correlação Uso do Solo / Qualidade da Água, desenvolvido no âmbito do Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da Bacia do Guarapiranga em 1995), no valor de 0,00346 kg/dia.ha para bacias com predominância da atividade agrícola, sem especificação quanto ao regime pluviométrico.

Além dessa referência, Jorgesen (1989), citado por Carneiro (2008), apresenta o coeficiente de exportação de fósforo total para a atividade agrícola no intervalo de 0,000603 a 0,002740 kg/dia.ha. A mesma ordem de magnitude dos coeficientes estimados pelo presente estudo.

#### 4. Conclusões

A partir de uma análise simples foi possível identificar a variabilidade em relação ao coeficiente de exportação de fósforo total em uma bacia predominantemente agrícola, o que corrobora com variabilidade esperada dessa variável, uma vez que é influenciada pela intermitência do processo de escoamento superficial decorrente das precipitações.

Dependendo do período de análise que se quer avaliar, a variação entre os valores calculados proporcionam diferentes graus de criticidade à qualidade da água. Nesse sentido, demonstra-se a importância quanto à escolha adequada do coeficiente de exportação em estudos relacionados às estimativas de cargas difusas, relevantes temas abordados tanto em níveis de pesquisa quanto em níveis de planejamento de bacias hidrográficas, como Plano de Bacias e Enquadramento dos Corpos D'Água, instrumentos de gestão de recursos hídricos descritos na Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH).

#### 5. Referências

ANA – Agência Nacional da Água. (2013). TOMO V – Proposta de Enquadramento. In: *Plano de Bacia do Rio Paranaíba*. Brasília. DF.

ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, C.; GOBBI, E. F.; CUNHA, C. L. N. (2011a). Eutrofização e a estrutura dos estudos. In: CUNHA, C. L. N.; CARNEIRO, C.; GOBBI, E. F.; ANDREOLI, C. V. *Eutrofização em Reservatórios: Gestão Preventiva. Estudo Interdisciplinar na Bacia do Rio Verde, PR*. Editora: UFPR. Curitiba. PR. p. 29-38.

ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, C.; GUTSEIT, K. C.; XAVIER, C. F. (2011b). Caracterização geral da bacia. In: CUNHA, C. L. N.; CARNEIRO, C.; GOBBI, E. F.; ANDREOLI, C. V. *Eutrofização em Reservatórios: Gestão Preventiva. Estudo Interdisciplinar na Bacia do Rio Verde, PR*. Editora: UFPR. Curitiba. PR. p. 35-58.

CANEPARO, S. C.; FRICK, E. C. L.; PEREIRA, G. H. A.; DRUSZAZ, M. B. A.; SILVA, J. J. I (2011). Base de dados para o diagnóstico e análise ambiental da bacia do rio Verde – o modelo digital do ambiente. In: CUNHA, C. L. N.; CARNEIRO, C.; GOBBI, E. F.; ANDREOLI, C. V. *Eutrofização em Reservatórios: Gestão Preventiva. Estudo Interdisciplinar na Bacia do Rio Verde, PR*. Editora: UFPR. Curitiba. PR. p. 63-87.

CARNEIRO, C. (2008). *A movimentação por veiculação hídrica do fósforo e outros macronutrientes químicos sob a influência de fatores naturais e tecnogênicos na bacia do rio Timbu, tributário do reservatório Iraí – Região Metropolitana de Curitiba*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geologia. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. PR.

CUNHA, C. L. N.; FRANS, G.; SOARES, A. P. K.; GOLÇALVES, J. E.; ROSMAN, P. C. C. (2011). Hidrodinâmica e transporte no reservatório do rio Verde. In: CUNHA, C. L. N.; CARNEIRO, C.; GOBBI, E. F.; ANDREOLI, C. V. *Eutrofização em Reservatórios: Gestão Preventiva. Estudo Interdisciplinar na Bacia do Rio Verde, PR*. Editora: UFPR. Curitiba-PR. p. 249-282.

DOETZER, B. H. W.; BERTHOL, O.; BUBLITZ, U.; CARNEIRO, S. (2009). Diagnóstico e avaliação agropecuárias na bacia do rio Verde. Relatório Semestral nº03. Projeto Interdisciplinar sobre Eutrofização na Bacia do Rio Verde.



ESTEVEES, F. A. (1998). *Fundamentos de limnologia*. 1ª Ed. Interciência/FINEP. Rio de Janeiro. Cap.3, p.47-55. Cap. 9, p 123-140.

GOMES, M. C. A. D. A.; PEREZ, L. S. N.; CURCIO, R. L. S. (1998). Avaliação da poluição por fontes difusas afluentes ao reservatório Guarapiranga. São Paulo: SMA – Secretaria de Meio Ambiente de São Paulo. São Paulo. SP.

HAUPT, J. P. O. (2009). *Metodologia para avaliação do potencial de produção de carga difusa: estudo de caso da Bacia do Rio Jundiáí*. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. São Paulo. SP. p. 31-33.

MORUZZI, R. B.; CONCEIÇÃO, F. T.; SARDINHA, D. S.; HONDA, F. P.; NAVARRO, G. R. B. (2012). Avaliação de cargas difusas e simulação de autodepuração no córrego da Água Branca , Itirapina (SP). In: *Geociências*. v. 31. n. 3. p. 447-458.

SANTANA, D. M. B.; MENDONÇA, A. S. F. (2011). Estimativa de cargas poluidoras difusas em bacias hidrográficas, com ênfase nas cargas geradas para o parâmetro fósforo. In: *Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego*. Rio de Janeiro. RJ. v.5. n.2. p71-90.

VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. In: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 3ª edição. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais. Cp.3, p 215-234. 2005.