

## Índice de estado trófico em duas microbacias hidrográficas submetidas a diferentes coberturas florestais

Kaíque Mesquita Cardoso<sup>1</sup>; Maria José Brito Zakia<sup>2</sup>; Carolina Bozetti Rodrigues<sup>3</sup>

<sup>1</sup>. Engenheiro Florestal, Me., Professor do Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – Campus Araçuaí-MG. E-mail: [kaique.cardoso@ifnmg.edu.br](mailto:kaique.cardoso@ifnmg.edu.br).

<sup>2</sup>. Engenheira Florestal, Dra., Professora do Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal da Faculdade de Ciências Agronômicas / UNESP – Campus Botucatu-SP.

<sup>3</sup>. Engenheira Florestal, Dra., Consultora do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais – Piracicaba-SP.

### Resumo

A produtividade florestal em conformidade com o equilíbrio ambiental é uma das tarefas de um bom manejo sustentável, sendo os estudos sobre a qualidade da água passo imperioso em programas de ordenamento florestal. Objetivou-se avaliar o efeito das coberturas florestais na flutuação do índice de estado trófico em duas microbacias hidrográficas: uma composta por floresta nativa e a outra por florestas plantadas de *Pinus*. Coletaram-se dados durante 10 anos em frequência quinzenal. Determinou-se o fósforo total por meio da colorimetria e calculou-se o índice de estado trófico em função de cada amostra. Apesar do aspecto dinâmico do parâmetro avaliado, os níveis de trofia de ambas as microbacias são semelhantes.

Palavras-chave: monitoramento, qualidade da água, eutrofização.

### Introdução

O lançamento de nutrientes nos corpos de água, com destaque ao nitrogênio e fósforo pode desempenhar um papel importante na dinâmica da biótica aquática e qualidade dos recursos hídricos. O aporte desses nutrientes e uma associação às boas condições de luminosidade favorece o desenvolvimento das plantas aquáticas e algas, dando início ao processo de eutrofização (FIA et al., 2009). De acordo com CETESB (2009), o IET tem por finalidade classificar os corpos d'água em diferentes graus de trofia, avaliando a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito na eutrofização, bem como pode oferecer subsídios para formulação de planos de manejo e gestão de ecossistemas, uma vez que funciona como registro das atividades humanas nas bacias hidrográficas (FIA et al., 2009).

Lamparelli (2004), em seu trabalho de avaliação dos métodos de monitoramento, propõe novas classificações de trofia e cálculos dos índices de estado trófico baseado na concentração de fósforo, destacando ainda a importância da aplicação de diferentes índices de estado tróficos para ecossistemas lóticos e lênticos. Nesse contexto, de acordo com Fia et al. (2009), o IET proposto por Lamparelli (2004) apresenta maiores sensibilidades às mudanças para ambientes lóticos, aumentando, desta forma, a amplitude das classes tróficas.

A equação de Lamparelli (2004) é uma derivação do método de Carlson (1977), o qual foi desenvolvido para regiões temperadas e adaptado por Toledo Jr. et al. (1983) para regiões tropicais. Este índice proposto por Lamparelli (2004) é utilizado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2009). Mala, Carvalho e Carvalho (2015) ao compararem o método de Toledo Jr. et al. (1983) com Lamparelli (2004) nas águas de ambiente lótico, concluem que o método proposto por Lamparelli (2004) apresenta maior suscetibilidade às mudanças. Silvino e Barbosa (2015) discutem que o método adaptado por Lamparelli (2004) mostrou-se mais apropriado pois não subestima as concentrações de fósforo no cálculo.

As microbacias são áreas frágeis, pequenas e frequentemente ameaçadas por perturbações. Por isso, manejá-las dentro dos seus limites de vulnerabilidade natural é o caminho apropriado de mantê-las resilientes. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes coberturas florestais na flutuação do índice de estado trófico em duas microbacias hidrográficas.

### Material e Métodos

#### Caracterização da área estudada

O estudo foi realizado em duas microbacias hidrográficas de segunda ordem localizadas no município de Telêmaco Borba, estado do Paraná, entre as latitudes 24° 02' 02" e 24° 27' 48" e as longitudes 50° 17' e 50° 55', e com uma altitude média de 885 metros. Uma das microbacias

apresenta vegetação nativa (bioma Mata Atlântica) e a outra possui uma plantação de *Pinus taeda* L. em sua área de drenagem.

O clima predominante na região de Telêmaco Borba, segundo classificação de Köppen é Cfa/Cfb, subtropical transicional para o temperado, úmido, mesotérmico, sem estação seca definida. O verão é quente e tende à concentração de chuvas, e, no inverno, as geadas ocorrem com pouca frequência, com temperatura média do mês mais frio inferior a 16 °C e do mês mais quente superior a 22 °C. A precipitação média anual é de 1.490 mm, com excedente hídrico de 557 mm/ano, distribuído em todos os meses do ano.

A microbacia com vegetação nativa possui área de 36,71 ha, sendo recoberta por vegetação em fase de sucessão secundária, caracterizada por ser uma transição entre Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional Semidecidual, ambas do bioma Mata Atlântica. A microbacia com florestas plantadas possui 135,81 hectares e no ano de 2007 seu uso do solo estava caracterizado por 70% de *Pinus taeda*, 8% com *Eucalyptus grandis* e 22% por Área de Preservação Permanente (APP) (VOIGTLAENDER, 2007).

A implantação do *Pinus* iniciou-se em 1964, com *Pinus elliottii* var. *elliottii* e em 1974 com *Pinus taeda*. Em 1997, o talhão com *Pinus elliottii* var. *elliottii* foi colhido, sendo realizado plantio com *Pinus taeda* adotando-se o espaçamento de 2,5 x 3,0 m. Nos primeiros talhões de *Pinus taeda* foi realizado o corte raso em 2001 e plantado a mesma espécie em espaçamento 3,0 x 2,0 m. A microbacia apresentava ainda um talhão com pouco mais de 11 ha com *Eucalyptus*, o qual foi colhido em 2010 e, posteriormente, foram realizadas as operações de limpa trilha com esteira, subsolagem, planificação, coveamento e substituição por florestas plantadas de *Pinus* em espaçamento 3 x 2,5 m. Assim, atualmente, a microbacia apresenta florestas plantadas de *Pinus* que foram implantadas nos anos de 1997, 2001 e 2010, formando um mosaico com 3 diferentes idades.

#### Metodologia do estudo

Os dados foram cedidos pelo Programa Cooperativo sobre Monitoramento e Modelagem de Bacias Hidrográficas (PROMAB), do Instituto de Pesquisas Florestais (IPEF), o qual desenvolve pesquisas em parceria com a empresa responsável pela área e com o Laboratório de Hidrologia Florestal (LHF) da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP).

No exutório de cada microbacia foi construído um vertedor e instalados equipamentos (Enviro-Systems CS-105S) para o registro e armazenamento contínuo da altura da lâmina d'água em intervalos regulares de 10 minutos. Adicionalmente, em cada microbacia foi instalado um pluviômetro (Hobo RG3-M e Hydrological Services TB4) para o registro da precipitação também em intervalos de 10 minutos. A vazão específica média da microbacia com floresta nativa é 7,08 L s<sup>-1</sup> Km<sup>-2</sup> e da microbacia com florestas plantadas de *Pinus* é 2,08 L s<sup>-1</sup> Km<sup>-2</sup>.

Amostras de água foram coletadas em frequência quinzenal no exutório das microbacias hidrográficas e as análises foram realizadas no Laboratório de Ecologia Aplicada (LEA) da ESALQ/USP. O fósforo foi determinado por colorimetria de acordo com métodos padronizados pela American Public Health Association (1975).

O Índice de Estado Trófico (IET) foi calculado em função de cada amostra. A equação utilizada para o cálculo do IET em função do fósforo total proposto por Lamparelli (2004), com correção aos valores estabelecidos dos limites das classes tróficas em ambientes lóticos foi:

$$IET(P) = 10 \times \left[ 6 - \frac{0,42 - 0,36 \times \ln(P)}{\ln 2} \right] - 20$$

Onde P é a concentração de fósforo total em µg L<sup>-1</sup>.

Lamparelli (2004) resume o IET proposto, em equivalência com as medidas de fósforo total em 6 níveis tróficos, sendo eles: ultraoligotrófico (IET ≤ 47), oligotrófico (47 < IET ≤ 52), mesotrófico (52 < IET ≤ 59), eutrófico (59 < IET ≤ 63), supereutrófico (63 < IET ≤ 67) e hipereutrófico (IET > 67).

Para verificar a distinção de amostras alocadas em diferentes grupos ou classes foi utilizado o teste de Mann-Whitney a 5% de probabilidade de erro.

## Resultados e Discussão

A oscilação do IET para o fósforo total em todo o período de observação foi variável nas microbacias. Ambos ecossistemas apresentaram os três níveis de trofia, desde ultraoligotrófico até mesotrófico, passando pela classe oligotrófica (nível que se enquadraram na maior parte do tempo). De acordo com Lamparelli (2004), o índice de estado trófico é dinâmico e os corpos d'água podem mudar de classificação ao longo do tempo, oscilando entre as maiores e menores classes de trofia Figura 1.

Observa-se que a dispersão dos resultados, constituídos de valores muito próximos, não corroboram para diferenças entre as classificações tróficas dos ecossistemas aquáticos. Desta forma, de maneira geral e em escala de conservação e de manejo, a qualidade da água não foi afetada, mantendo um equilíbrio dinâmico muito similar entre os dois ecossistemas. Todavia, mesmo pertencendo as mesmas classes tróficas, as microbacias em estudo possuem diferenças quanto às medianas pelo teste de Mann-Whitney a 5% de probabilidade do erro (Figura 2).

Figura 1. IET para fósforo durante uma série histórica de 10 anos (2005 – 2015), com frequência de observação quinzenal e precipitação média mensal (mm) nas microbacias com florestas plantadas de *Pinus* (A) e com vegetação nativa (B).

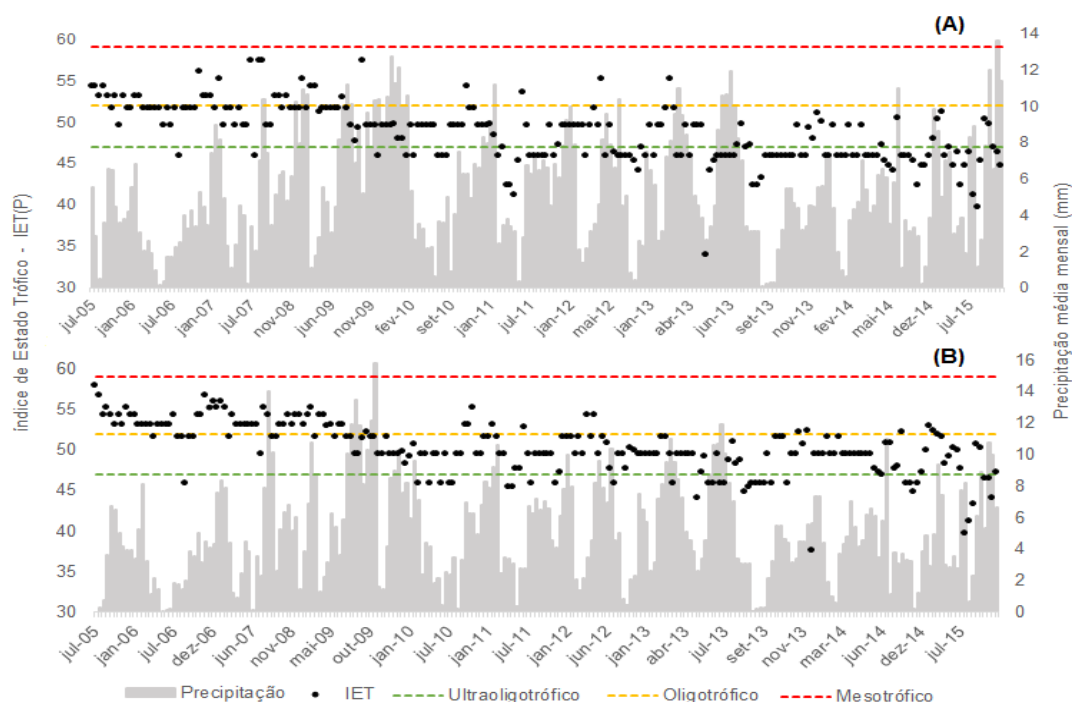
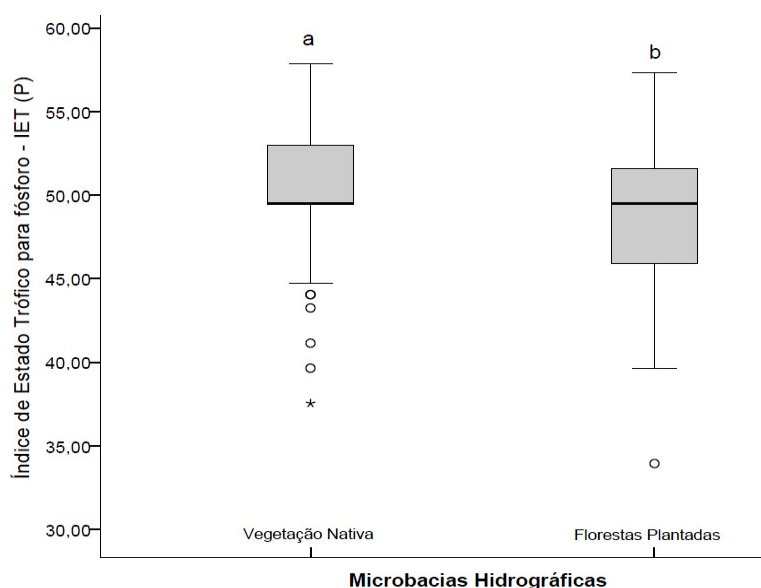


Figura 2. Box-plot do IET para fósforo por amostra coletada nas microbacias. Medianas seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Mann-Whitney, a 5% de probabilidade.



A microbacia com floresta nativa possui um IET maior em relação à microbacia com floresta plantada de *Pinus*. Entende-se desta forma que a microbacia composta por floresta nativa recebe um maior aporte de fósforo total em seu deflúvio, provavelmente devido as diferenças quanto a textura do solo, onde a microbacia com vegetação nativa possui maior teor de silte, o qual reflete em maiores concentrações de minerais primários e intemperáveis (VOIGTLAENDER, 2007). A microbacia com florestas plantadas de *Pinus* também se difere da microbacia com floresta nativa em função da maior variância, ou seja, a microbacia sob plantação de *Pinus* sofreu maior instabilidade na disponibilidade de fósforo na água. A diferença entre o IET nas microbacias é um resultado importante, pois indica que o acompanhamento da dinâmica da qualidade da água deve ser monitorado de maneira independente.

Zanini et al. (2010) observaram que tanto a diminuição da vazão do rio pelo período de estiagem, como fontes pontuais de contaminação, como estação de tratamento e atividade pecuárias, contribuem para a diminuição da qualidade da água. Ressaltam ainda que pontos após uma diluição e autodepuração do sistema aquático tende a ocorrer uma melhoria na qualidade da água.

## Conclusões

A dinâmica do IET das microbacias hidrográficas com vegetação nativa e florestas plantadas de *Pinus* é semelhante. O manejo florestal em mosaico da microbacia com florestas plantadas de *Pinus* pode influenciar na manutenção da qualidade da água.

## Agradecimentos

À Klabin Paraná, empresa responsável pelo local de estudo e obtenção dos dados. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao PPG Ciência Florestal UNESP/FCA/Botucatu (Processo nº 1582576). Ao Programa Cooperativo sobre Monitoramento e Modelagem de Bacias Hidrográficas (PROMAB), ao Instituto de Pesquisas Florestais (IPEF) e ao Laboratório de Hidrologia Florestal (LHF) da ESALQ/USP.

## Referências

CARLSON, R. E. A trophic state index for lakes. **Limnology and Oceanography**, v. 22, n. 2, p. 261-269, 1977.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL. (2009). **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2008/CETESB**. São Paulo: Série Relatórios-Secretaria de Estado do Meio Ambiente. v. 1, 531p. Relatório anual.

FIA, R.; MATOS, A. T.; CORADI, P. C.; PEREIRA-RAMIREZ, O. Estudo trófico da água na bacia hidrográfica da Lagoa Mirim, RS, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 4, n. 1, 2009.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento**. Tese (doutorado em Ciências – Ecossistemas Terrestres e Aquáticos) 2004. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, SP, 235 p. 2004.

MALA, A. A. D.; CARVALHO, S. L.; CARVALHO, F. T. Comparação de dois índices de determinação do grau de trofia nas águas do Baixo Rio São José dos Dourados, São Paulo, Brasil. **Eng. Sant. Ambient.** v. 20, n. 4, p. 6013 – 622. 2015.

SILVINO, R. F.; BARBOSA, F. A. R. Eutrophication potential of lakes: an integrated analysis of trophic state, morphometry, land occupation, and land use. **Braz. J. Biol.** V. 75, n. 3, p. 607-615. 2015.

TOLEDO Jr., A.P.; TALARICO, M.; CHINEZ, S.J.; AGUDO, E.G. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processo da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 12., Camboriú, 1983. **Anais...** Camboriú (SC) 34p. 1983.

VOIGTLAENDER, M. **Caracterização hidrológica e biogeoquímica de microbacias: uma comparação entre Mata Atlântica e *Pinus taeda* L.** 2007. 75p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais). Universidade de São Paulo, 2007.

ZANINI, H. L. H. T.; AMARAL, L.; ZANINI, J. R.; TAVARES, L. H. S. Caracterização da água da microbacia do córrego rico avaliada pelo índice de qualidade de água e de estado trófico. **Eng. Agríc.**; Jaboticabal, v.30, n.4, p.732-741, jul./ago. 2010.