MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NO MANANCIAL DO RIO SANTO ANASTÁCIO

Paulo Ponce Arroio Junior[1], Renata Ribeiro de Araújo[2], Ariane de Souza[1]

[1] Graduando em Engenharia Ambiental. UNESP/FCT. [2] Departamento de Planejamento, Urbanismo e Ambiente. UNESP/FCT.

RESUMO

Com objetivo de caracterizar espacial e temporalmente o manancial do Rio Santo Anastácio em função de fatores limnológicos, foram estabelecidas quatro estações de coleta em seu curso principal. Realizou-se o monitoramento das variáveis limnológicas pH, oxigênio dissolvido, temperatura, condutividade elétrica, turbidez, cloro, ferro, amônia e fosfato e das variáveis hidrológicas vazão e velocidade. Aplicou-se aos resultados do monitoramento uma análise de componentes principais (ACP) para determinar comportamentos e padrões das variáveis, tanto na dimensão longitudinal quanto na dimensão temporal. A análise exploratória evidenciou uma tendência de organização longitudinal das estações de coleta conforme o nível de integridade ambiental de cada estação, constatando-se uma piora na qualidade da água no sentido nascente-foz. A análise dos componentes principais revelou ainda uma tendência de organização das datas de amostragem por período sazonal, permitindo a discriminação entre os períodos seco e chuvoso.
Palavras-chave: Rio Santo Anastácio; monitoramento; limnologia.

WATER QUALITY MONITORING OF SANTO ANASTÁCIO RIVER

ABSTRACT

In order to characterize spatially and temporarily the Santo Anastacio River according to limnological factors, four sampling stations were established in the main course of the river. The limnological variables analyzed were pH, dissolved oxygen, temperature, conductivity, turbidity, chlorine, iron, ammonia and phosphate, as well the hydrologic variables flow and speed. These limnological variables were synthesized through a principal components analysis (PCA), in order to determinate their spatial-temporal behavior. Exploratory analysis revealed a longitudinal organization of the sampling stations according to the level of environmental integrity of each station, showing a water quality decrease along the river's course. The principal components analysis revealed yet a seasonal pattern of sampling dates, allowing differentiate dry and rainy periods.
Key words: Santo Anastacio River; monitoring; limnology.

1. INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do alto curso do Rio Santo Anastácio situa-se na UGRHI 22, abrangendo parte dos municípios de Presidente Prudente, Pirapozinho, Regente Feijó, Anhumas e Álvares Machado. Tal trecho do rio é utilizado como manancial para abastecimento público do município de Presidente Prudente, comportando um reservatório de acumulação na confluência do Rio Santo Anastácio com o Córrego do Cedro.

Desde a década de 70 ocorre neste manancial um intenso processo de urbanização devido à expansão e criação de conjuntos habitacionais. Como conseqüência de tal processo, Dibieso (2007) aponta a alta impermeabilização do solo, o avanço dos processos erosivos, a ausência de vegetação nativa e a contaminação e assoreamento dos corpos hídricos como os principais fatores de degradação ambiental no manancial. Tal quadro evidencia a necessidade de estudo dos diversos fatores antrópicos que interferem nos cursos d'água da bacia, os quais têm provocado alterações significativas na qualidade e na quantidade de água disponível no manancial.

Nesse sentido, o monitoramento da qualidade da água insere-se como uma importante ferramenta que permite investigar, descrever e interpretar dados sobre a real situação da qualidade dos recursos hídricos, permitindo fomentar ações no sentido de se restabelecer as condições de equilíbrio e sustentabilidade destes ecossistemas impactados.

Desse modo, o presente trabalho apresenta os resultados do monitoramento de variáveis limnológicas e hidrológicas no manancial do Rio Santo Anastácio, realizado com o objetivo de se verificar possíveis padrões espaciais e temporais das variáveis em função de forças antrópicas atuantes na bacia.

Segundo Podani (2000), os estudos ecológicos em ecossistemas aquáticos produzem quantidades substanciais de informações contidas em extensos conjuntos de dados. Isso ocorre porque tais ecossistemas são caracterizados por apresentarem grande complexidade tanto estrutural como funcional. Além disso, o estudo desses sistemas deve levar em consideração não só a multiplicidade de fatores envolvidos, mas também a organização resultante das interações entre os diferentes fatores, pressupondo-se que os diferentes componentes de um ecossistema estão inter-relacionados funcionalmente e, portanto, são interdependentes (MARGALEF, 1986).

No caso de ecossistemas aquáticos continentais, como o do estudo em tela, a intensa dinâmica temporal dos gradientes ambientais produz um constante rearranjo de suas características, variando tanto no espaço como no tempo. Nesse contexto, para interpretar convenientemente um conjunto de dados multidimensional é necessário lançar mão da estatística multivariada (PODANI, 2000).

Portanto, em monitoramentos limnológicos onde se tem um grande número de variáveis torna-se conveniente tentar agrupá-las e identificar novas variáveis 'fundamentais'. Nesse sentido, a análise de componentes principais (ACP) envolve um procedimento matemático que transforma um conjunto de variáveis correlacionadas em um conjunto menor de variáveis não-correlacionadas, denominadas componentes principais (CPs). Dessa maneira, os CPs permitem não somente descrever a variabilidade total existente em poucas variáveis-chaves, como também explorar e evidenciar aspectos da complexidade tanto espacial como temporal dos ambientes lóticos (LIRA, 2004; JOHNSON, 1998; CHAU, 2001).

2. MATERIAL E MÉTODOS

A avaliação da qualidade da água do manancial ocorreu em quatro estações de amostragem localizadas no curso principal do Rio Santo Anastácio, abrangendo seis campanhas de coleta. O monitoramento físico-químico envolveu as variáveis limnológicas pH, oxigênio dissolvido (OD), temperatura (Temp), condutividade elétrica (CE), turbidez (Turb), cloro (Cl_2), ferro (Fe), amônia ($N\text{-}NH_4$) e fosfato (PO_4^{3-}).

Para determinação das variáveis oxigênio dissolvido, pH, temperatura, condutividade elétrica e turbidez foram realizadas medições utilizando-se aparelhos digitais portáteis durante as campanhas de coleta. Já as variáveis cloro, ferro, amônia e fosfato foram medidas por meio do kit colorimétrico Alfakit. Nestes métodos colorimétricos, a determinação de cloro realiza-se por meio de reação com N,N-dietil-p-fenileno-diamina (método DPD), o ferro determina-se por meio de reação com ácido tioglicólico, a amônia por meio do indicador azul de indofenol e o fosfato por meio de reação com azul de molibdênio.

Além das variáveis limnológicas, o monitoramento envolveu também as variáveis hidrológicas velocidade (V) e vazão (Q). Para tal, fez-se uma batimetria da seção do rio, a qual permitiu calcular a área de cada uma das seções das estações. Em seguida determinou-se a velocidade do rio em vários pontos da seção através da medição do tempo de deslocamento de um material flutuante na superfície. Obteve-se a vazão a partir dos dados de velocidade e da área de cada seção.

Para interpretação dos dados foi aplicada a análise de componentes principais (ACP), de modo a evidenciar possíveis associações entre as estações de coleta e datas de amostragem com base nos parâmetros físicos e químicos. Nesta etapa os dados foram analisados e refinados, de modo a desconsiderar valores muito discrepantes característicos de erros instrumentais e de medição, e realizou-se a logaritimização, para linearizar as relações e reduzir o efeito de valores elevados. Para o processamento dos dados, utilizou-se o *software* Statistica 7.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da análise dos componentes gerados pelo *software* Statistica 7.0, verificou-se que apenas os fatores 1 e 2 apresentaram autovalores maiores que 1, sendo 2,87 e 2,04, respectivamente. Sendo assim, os componentes principais 1 e 2 foram considerados significativos e, portanto, retidos para a interpretação dos dados. Estes componentes explicaram, respectivamente, 46,09% e 18,53% da variabilidade dos dados, permitindo-se, portanto, explicar 64,62% da variância total das variáveis sob análise.

Na Figura 1 é apresentada graficamente a correlação entre as variáveis limnológicas e os componentes principais retidos, onde os vetores apontam o sentido de aumento dos valores dos parâmetros limnológicos em relação aos dois componentes.

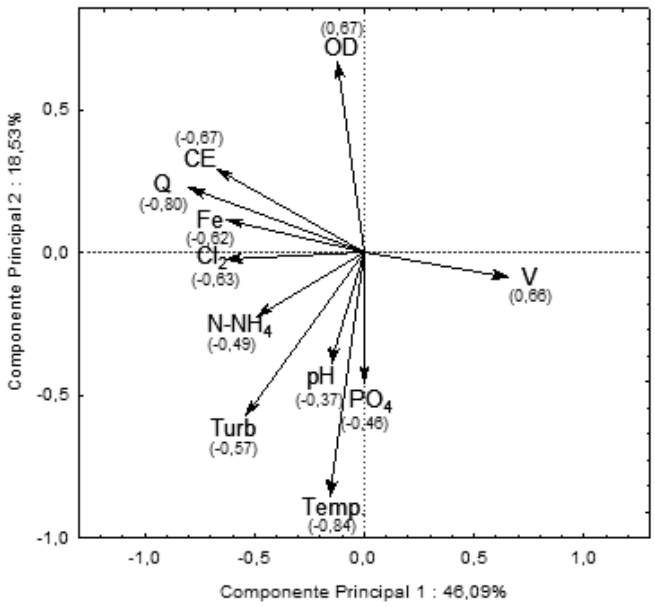

FIGURA 1 - Correlações entre as variáveis limnológicas e os componentes principais (entre parênteses o valor do maior autovetor)

Através da análise da Figura 1, verificou-se que as variáveis condutividade elétrica, vazão, ferro, cloro, amônia e turbidez se correlacionaram negativamente com o CP1, apresentando autovetores de -0,67, -0,80, -0,62, -0,63, -0,49 e -0,47, respectivamente, enquanto a velocidade correlacionou-se positivamente com este componente (0,66). Já o CP2 correlacionou-se, de forma positiva, com o oxigênio dissolvido (0,67) e negativamente com o pH (-0,37), fósforo (-0,46) e temperatura (-0,84).

A Figura 2 apresenta o resultado da correlação das estações de coleta com os CPs 1 e 2, enquanto a Figura 3 apresenta o resultado da correlação dos meses de amostragem com os componentes. A interpretação destes resultados é feita comparando-se as posições dos pontos nos gráficos com o sentido de aumento das variáveis limnológicas, indicado pelos vetores da Figura 1.

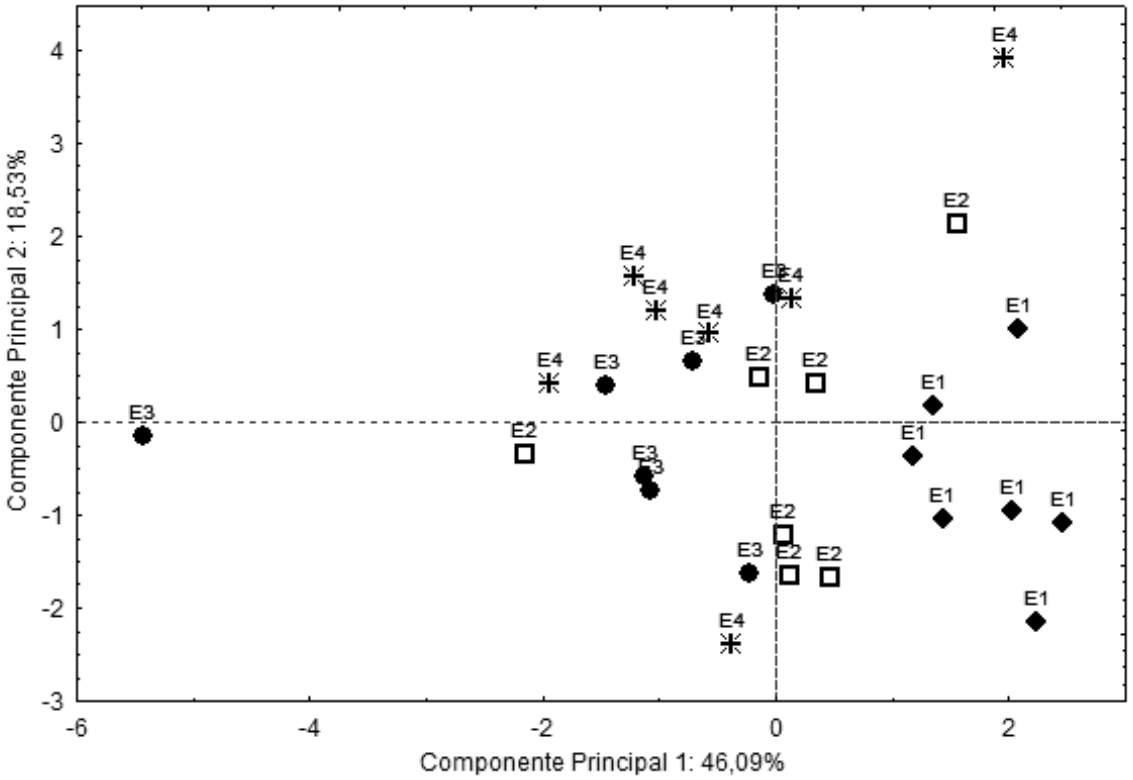

FIGURA 2 - Análise de componentes principais com as amostragens realizadas no Rio Santo Anastácio. Ordenação por estações de coleta

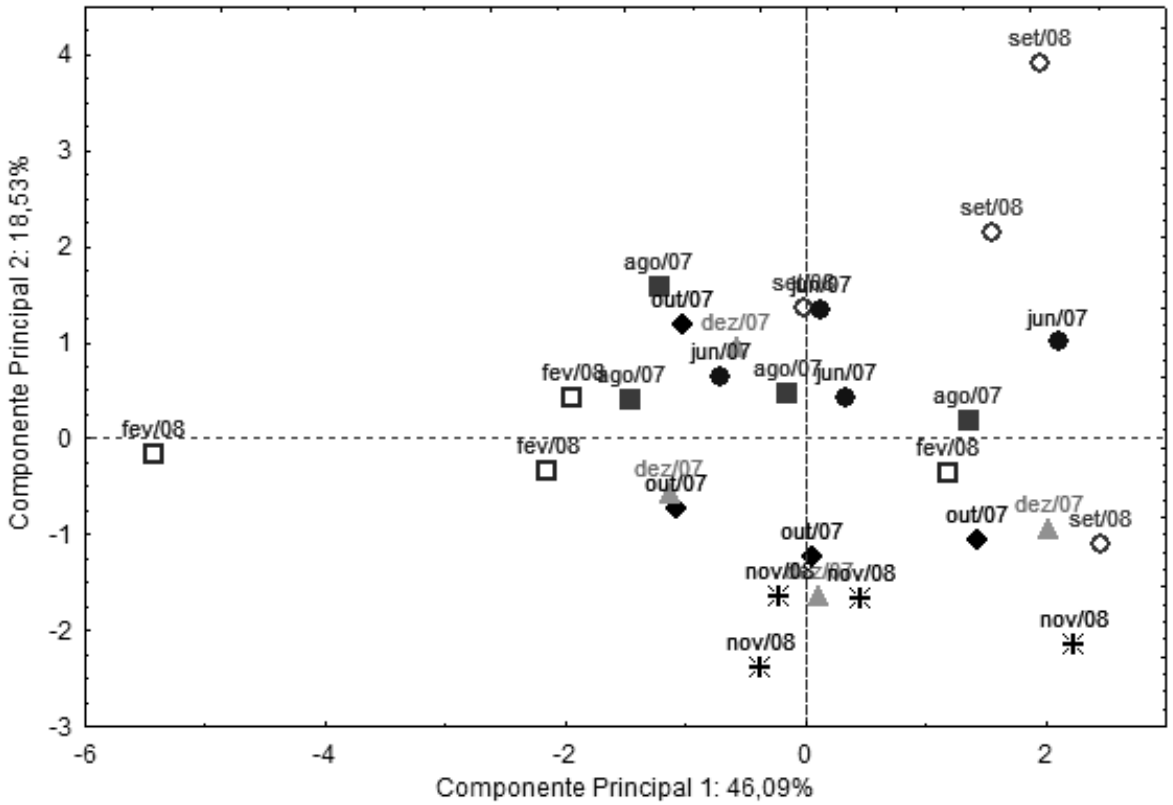

FIGURA 3 - Análise de componentes principais com as amostragens realizadas no Rio Santo Anastácio. Ordenação por datas de amostragem

Analisando-se os resultados da análise exploratória puderam-se observar tendências organizacionais tanto na ordenação por estações de coleta (Figura 2) quanto na ordenação por datas de amostragem (Figura 3).

Na Figura 2 observa-se uma tendência de organização das estações de coleta em relação ao CP 1. Este ordenamento pode ser explicado pelos processos ecológicos ocorridos nos ecossistemas lóticos, influenciados, em última análise, pelas características da bacia (uso e ocupação do solo, presença de vegetação ripária, tipo de solo, atividades antrópicas, etc.), as quais acabam afetando diretamente as variáveis amostradas.

Através da análise exploratória verifica-se que as coletas referentes à estação 1 (E1) encontram-se agrupadas no quadrante inferior direito, separadas das demais coletas. Esta configuração está relacionada ao fato de que a estação 1 é a nascente do manancial do Rio Santo Anastácio, a qual encontra-se em um estado ambiental mais conservado, diferentemente das demais estações.

Observa-se também que na estação 1 os valores de velocidade são mais altos e os valores de condutividade elétrica, vazão, ferro, cloro e turbidez são mais baixos quando comparados com os valores das demais estações, em especial com a estação 4 (E4). Portanto, verifica-se uma variação longitudinal destes parâmetros ao longo do curso do rio, ou seja, estes se apresentaram maiores no sentido cabeceira-foz.

Estas considerações podem ser explicadas de acordo com o Conceito do Rio Contínuo (RCC - River Continuum Concept) (VANNOTE et al., 1980). Este conceito postula que as assembléias de organismos variam previsivelmente ao longo de um gradiente longitudinal, e que estas variações estão de acordo com a largura, profundidade, vazão e vegetação do entorno, levando também a um

gradiente das características físico-químicas, respostas dos processos de produção e respiração.

Na estação 1, cabeceira principal do rio, o canal é estreito, raso e apresenta-se sob condições de sombra devido à vegetação presente em suas margens. Diante destas características, pode-se dizer que a luz é um fator limitante à produção primária, explicando, portanto, os baixos valores de oxigênio dissolvido neste local, fato que pode ser observado avaliando-se a estação 1 em relação à componente principal 2. O conceito também define que nas cabeceiras os materiais predominantes são detritos alóctones (material particulado grosseiro), conferindo uma menor quantidade de material dissolvido, o que explica os menores valores de condutividade elétrica e turbidez da estação 1 em relação às demais.

Vale ressaltar que o RCC foi desenvolvido com base em ecossistemas de rios temperados e não perturbados. Entretanto, o conceito prevê acomodações nos padrões previsíveis de organização estrutural e funcional, conforme sua posição relativa ao longo do perfil longitudinal, devido a influências causadas por distúrbios provocados por enriquecimento orgânico e/ou assoreamento.

Trabalhos de Camargo et al. (1996), realizados no litoral sul de São Paulo, constataram que as características limnológicas seriam determinadas fundamentalmente pelos aspectos fisiográficos (altitude, geologia e vegetação). No entanto, constatou-se que o principal fator determinante das características da água dos rios foi o lançamento de efluentes orgânicos, provenientes de atividades humanas. Neste contexto, as respostas observadas no Santo Anastácio podem também estar inter-relacionadas com atividades antrópicas, como a elevada impermeabilização do solo nas vertentes da bacia, a ausência de medidas de contenção a processos erosivos, a retirada de vegetação ripária, a contaminação e o assoreamento dos corpos hídricos e a ocupação desordenada do solo.

Já na análise da Figura 3 observa-se uma tendência de organização das datas de amostragem em relação ao CP2. Nota-se que esta organização expressa uma variação sazonal das variáveis, evidenciando-se uma separação dos meses correspondentes à época de águas altas (outubro, novembro, dezembro e fevereiro) e a época de águas baixas (junho, agosto e setembro).

Em relação ao padrão de variação da temperatura, correlacionada com o componente 2, pode-se observar que menores temperaturas foram obtidas entre os meses de maio a setembro. Maiores temperaturas foram encontradas nos demais períodos de amostragem. Assim, pôde-se perceber uma amplitude registrada entre os meses de verão e inverno.

Os maiores valores de turbidez e temperatura dos meses de outubro, novembro, dezembro e fevereiro podem ser explicados pelas características ambientais e geomorfológicas, as quais conferem ao corpo hídrico diferentes dinâmicas limnológicas. Estas duas variáveis estão fortemente influenciadas pelas condições climáticas, principalmente pela precipitação pluviométrica, a qual define o hidroperíodo do rio. De acordo com Junk et al. (1989), a hidrografia de rios é fortemente influenciada por chuvas locais e tende a oscilar imprevisivelmente com muitos picos e depressões durante todo o curso do ano. Muitos rios tropicais freqüentemente apresentam um padrão fixo de chuvas, correspondendo a estações secas e chuvosas.

A turbidez dos corpos d'água é particularmente alta em regiões com solos erodíveis, onde a precipitação pode carrear partículas de argila, silte, fragmentos de rocha e

óxidos metálicos do solo. Grande parte das águas de rios brasileiros é naturalmente turva devido à ocorrência de fortes chuvas (VON SPERLING, 1998).

Segundo Esteves (1998), em razão do aumento da turbidez da água há uma redução da zona eufótica e conseqüentemente uma menor taxa fotossintética, o que ocasiona menores valores de oxigênio dissolvido. Analisando-se a Figura 3 pode-se verificar que os menores valores de oxigênio ocorreram, de fato, nos períodos de maior precipitação (novembro e dezembro).

Diversos estudos comprovam que a temperatura é um fator chave no que diz respeito às concentrações de oxigênio dissolvido (ESTEVES, 1998). Neste estudo, constatou-se que as concentrações de oxigênio dissolvido foram maiores durante o inverno, o que pode estar associado às menores taxas de decomposição e respiração neste período. Durante os períodos de seca o aporte de material alóctone é menor, sugerindo uma menor decomposição e respiração, e, conseqüentemente, menor consumo de oxigênio dissolvido. Além disso, sabe-se que temperaturas elevadas diminuem a solubilidade do gás oxigênio em ambientes aquáticos, o que pode explicar a ocorrência de maiores valores desta variável em meses de temperaturas baixas.

4. CONCLUSÃO

A aplicação da análise exploratória através de componentes principais aos dados do monitoramento do manancial Santo Anastácio evidenciou uma tendência de organização das estações de coleta em relação ao componente principal 1 conforme o nível de integridade ambiental de cada estação. Verificou-se que as principais forças atuantes determinantes da qualidade da água ao longo do curso do manancial são as atividades antrópicas. Além disso, ressalta-se que as respostas também estão relacionadas a processos hidrológicos, geomorfológicos, entre outros.

A análise dos componentes principais revelou ainda uma tendência de organização por período sazonal, permitindo a discriminação entre os períodos seco e chuvoso. Tal segregação foi observada na segunda componente principal, provocada principalmente pela variável temperatura.

O monitoramento da qualidade da água do manancial Santo Anastácio permitiu um melhor entendimento acerca das propriedades abióticas de tal ecossistema, bem como permitiu realizar o diagnóstico técnico da degradação ambiental por causas antrópicas. Tais informações são de extrema importância na medida em que permitem nortear os processos de tomada de decisão, remetendo estratégias de conservação mais eficazes aos gestores ambientais.

REFERÊNCIAS

CAMARGO, A. F. M. et al. The influence of the physiography and human activities on the limnological characteristics of the lotic ecosystems of the south coast of São Paulo, Brazil. **Acta Limnol.**, Brasil, v. 8, p. 231-243, 1996.

CHAU, T. A review of analytical techniques for gait data. part 1: fuzzy, statistical and fractal methods. **Gait and Posture**, v. 13, p. 49–66, 2001.

DIBIESO, E. P. **Planejamento ambiental da bacia hidrográfica do córrego do Cedro** – Presidente Prudente/SP. 2007. Dissertação (Mestrado em Geografia) – UNESP, Faculdade de Ciência e Tecnologia, Presidente Prudente.

ESTEVES, F. A**. Fundamentos de Limnologia**. Interciência. Rio de Janeiro, Brasil, 1998.

JOHNSON, D. E. **Applied Multivariate Methods for Data Analysts.** Pacific Grove, California: Duxbury Press, 1998.

JUNK, W. J. et al. The flood pulse concept in river-floodplain systems**. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.**, v. 106, p. 110-127, 1989.

LIRA, S. A. **Análise de Correlação: Abordagem Teórica e de Construção dos Coeficientes com Aplicações**. 2004. Dissertação (Mestrado) — Curso de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia – Setor de Ciências Exatas e de Tecnologia – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MARGALEF, R. **Ecologia. Ediciones Omega**, Barcelona, 1986.

PODANI, J. **Introduction to the Exploration of Multivariate Biological Data**. Leiden: Backhuys Publishers, 2000.

VANNOTE, R. C. et al. The river continuum concept. **Can. J. Fish. Aquat*. Sci.***, v. 37, p. 130-137, 1980.

VON SPERLING, M. Análise dos padrões brasileiros de qualidade de corpos d'água e de lançamentos de efluentes. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos-RBRH**. Porto Alegre, v. 3,n. 1, p. 111-132, 1998.