

O USO DE FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS EXPLORATÓRIAS NO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA: Exemplo de aplicação para a bacia hidrográfica do rio Ribeirão Preto (Ribeirão Preto, SP)

Antonio Donizetti Gonçalves de Souza¹

Resumo - O objetivo deste estudo foi demonstrar um exemplo de aplicação de ferramentas estatísticas como subsidio a interpretação de dados de qualidade da água. Para exemplo de aplicação foi utilizada a bacia hidrográfica do rio Ribeirão Preto (SP). O monitoramento foi realizado em um ano hidrológico completo, sendo estabelecidas seis estações de amostragem e medidas mensalmente as variáveis: temperatura, pH, condutividade, oxigênio dissolvido, sólidos totais suspensos e turbidez. Para exemplificar a aplicação de ferramentas estatísticas foram utilizadas as seguintes análises exploratórias: correlação r de Spearman, análise de agrupamento e análise fatorial. Os resultados demonstraram que o rio Ribeirão Preto sofre interferências das atividades humanas sobre a qualidade de suas águas, principalmente nos níveis de oxigênio dissolvido e condutividade. A estação situada no interior da Estação Ecológica de Ribeirão Preto, demonstrou os melhores índices de qualidade da água, indicando este sitio como referencia a um futuro programa de monitoramento a ser implementado. As análises estatísticas exploratórias utilizadas apresentaram a classificação das estações no aspecto espacial e sazonal. Ambas as técnicas multivariadas forneceram um auxilio à interpretação dos dados produzidos e podem ser uteis na transformação dos dados em informações.

Abstract - The subject of the present work was to demonstrate an application example of statistical tools in interpretation of water quality data. For application example was used the Ribeirão Preto river basin (SP). The monitoring was carried through in one year hydrologic, being established six sampling stations and measures monthly the variables: temperature, pH, conductivity, dissolved oxygen, suspended total solids and turbidity. The following statistical analyses had been used: Spearman correlation, cluster analysis and factorial analysis. The results showed that the Ribeirão Preto river suffers anthropogenic influences in the levels of dissolved oxygen and conductivity. The results obtained in the Ecological Station of Ribeirão Preto, demonstrate the better indices of water quality, indicating this site as reference to a future monitoring program. The statistical analyses used had presented the classification spatially and seasonally of the stations. The multivariate techniques utilized showed are useful in the transformation of the data in information.

Palavras-Chave: Qualidade da água, monitoramento, análise multivariada.

¹ Professor Adjunto UNIFAL-MG/ICT- Campus Poços de Caldas
Av. José Aurélio Villela, 11999, CEP 37715-400 adonizetti@unifal-mg.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Um dos principais problemas existentes atualmente relacionado aos usos múltiplos de recursos hídricos se refere a qualidade das águas. As bacias hidrográficas, que são sistemas complexos e integrados, têm sofrido cada vez mais com impactos decorrentes de atividades humanas que ocasionam acentuada perda de qualidade da águas.

Para Von Sperling (2005), a qualidade da água é função das condições naturais e do uso e ocupação do solo na bacia de drenagem. Segundo Tundisi (2005) o aumento e diversificação dos usos múltiplos da água resultaram em uma multiplicidade de impactos, de diversas magnitudes, que exigem diferentes tipos de avaliação não somente quantitativa, mas, sobretudo qualitativa.

Neste contexto, vários estudos têm como foco a avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas (EYRE e PEPPERELL, 1999; DORMAN *et al.*, 2010; GRANGER *et al.* 2010). Os estudos geralmente são planejados com a determinação das estações de amostragem, frequência de coletas e um determinado grupo de variáveis de qualidade medidas, sendo que os objetivos dos estudos determinam um maior ou menor grau de investimento em um destes aspectos.

Os dados gerados em avaliações de qualidade da água geralmente são numerosos e necessitam do uso de ferramentas estatísticas para facilitar sua interpretação.

A necessidade e descrição de aspectos estatísticos para melhor entendimento das variações na qualidade da água em sistemas de monitoramento já foram destacados nos trabalhos de Montgomery e Hart (1974), Lettenmaier (1976), Sanders e Adrian (1978), Ward *et al.*, (1979) e Gilbert (1987). Exemplos mais recentes de aplicação de análises multivariadas podem ser encontrados em Sabino *et al.* (2008) e Moura *et al.* (2010).

Muitas vezes os dados produzidos, sobretudo em sistemas de monitoramento de órgãos públicos, são pouco utilizados devido a não transformação dos dados em informação, o que poderia ser facilitados pelo uso de ferramentas estatísticas simples e de fácil utilização. Ward *et al.* (1986), chamam a atenção quanto a este problema denominando o fenômeno de “síndrome dos dados ricos, mas informações pobres”.

Dentro deste contexto, o presente trabalho teve como objetivo demonstrar um exemplo de aplicação de ferramentas estatísticas como subsidio à interpretação de dados de qualidade da água. Para exemplo de aplicação foi utilizado a bacia hidrográfica do rio Ribeirão Preto (SP).

2. ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Ribeirão Preto localiza-se na região nordeste do Estado de São Paulo (Figura 1) e possui uma área de aproximadamente 346 km², sendo suas nascentes situadas na

cidade de Cravinhos, a uma altitude aproximada de 840 metros. Até sua foz no Rio Pardo, o rio Ribeirão Preto drena as áreas urbanas dos municípios de Cravinhos e Ribeirão Preto, além do distrito de Bonfim Paulista.

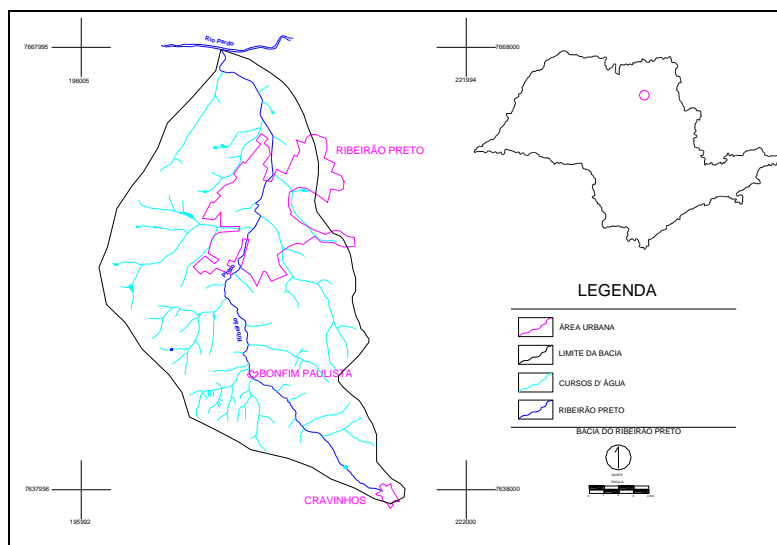


Figura 1. Localização da bacia do rio Ribeirão Preto (SP).

3. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

Para avaliação da qualidade da água foram estabelecidas 06 (seis) estações amostragem (Tabela 1 e Figura 2). O estabelecimento destes pontos teve como base a variabilidade no uso e ocupação do solo. Os pontos foram registrados com GPS para tomada de coordenadas geográficas.

Tabela 1. Localização das Estações de amostragem de qualidade da água (dados em UTM).

Estações	Caracterização Espacial	Latitude	Longitude
E1	Córrego Serraria, localizado no interior da Estação Ecológica de Ribeirão Preto (Mata de Santa Tereza). Ponto utilizado como referência.	7650017	203672
E2	Rio Ribeirão Preto, a jusante da Estação Ecológica, ultimo ponto antes da área urbana de Ribeirão Preto.	7651440	205649
E3	Rio Ribeirão Preto, a montante do córrego Retiro Saudoso.	7656501	208090
E4	Córrego Retiro Saudoso, ponto localizado na foz do córrego no rio Ribeirão Preto.	7656566	208095
E5	Rio Ribeirão Preto, cerca de 500 a jusante do córrego Saudoso	7656897	207645
E6	Rio Ribeirão Preto, trecho homogêneo no sentido de sua foz no rio Pardo.	7658993	208582

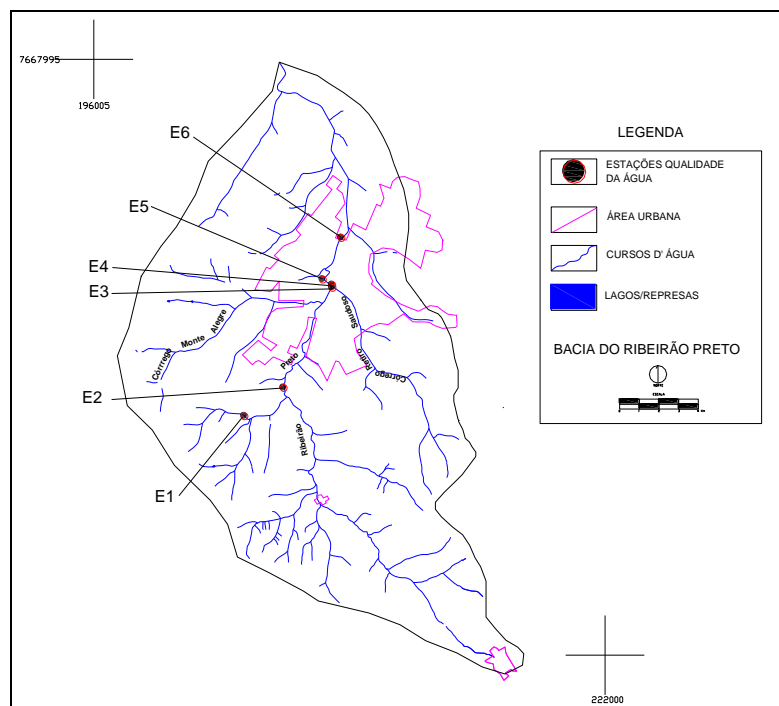


Figura 2. Localização das estações de amostragem da qualidade da água.

A frequência de coletas foi mensal durante um ano hidrológico completo (inverno de 2007 e verão de 2008), sendo medidas as seguintes variáveis: temperatura ($^{\circ}\text{C}$), pH, condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$), oxigênio dissolvido (mg/L), sólidos totais Suspensos (mg/L) e turbidez (NTU).

Para a determinação de temperatura, condutividade e oxigênio dissolvido, foi utilizado equipamento multiparâmetros com sensores de leitura direta em campo (sonda *YSI 85*). O pH foi determinado com pHmetro de bancada. A turbidez foi medida com turbidímetro (*Vernier*). Os sólidos totais suspensos foram determinados através da técnica gravimétrica descrita em APHA (1995).

4. ANÁLISES ESTATÍSTICAS UTILIZADAS

Para exemplificar a aplicação de ferramentas estatísticas na interpretação dos dados produzidos no monitoramento da bacia, foram utilizadas as seguintes análises exploratórias:

- a) Correlação r de Spearman;
- b) Análise de Agrupamento (*Cluster Analysis*);
- c) Análise Fatorial.

Devido a sazonalidade, os dados foram divididos em inverno e verão e não foi utilizada a variável Sólidos Totais Suspensos (mg/L), pois esta não foi medida para o período de verão.

Antes da análise de agrupamentos e fatorial, os dados foram padronizados para a mesma escala. Esta padronização consistiu na subtração da média de cada variável e divisão da diferença

pelo desvio-padrão. Este procedimento é necessário, pois os dados se apresentam em diferentes escalas e unidades incompatíveis.

Para a análise de agrupamento, foram construídas, a partir dos dados físicos e químicos, matrizes de similaridade entre as estações de coleta para os dois períodos estudados. Para isto foi utilizada a distância Euclidiana como coeficiente de similaridade e o UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method Average*) como método de ligação ou formação dos grupos. Desta forma produziu-se, para cada período (verão e inverno), um dendograma, que é a representação gráfica da análise.

A análise fatorial é definida como uma técnica que trata das relações internas de um conjunto inicial de variáveis correlacionadas por um conjunto menor de fatores, ou variáveis hipotéticas, que explicam a maior parte das variáveis do conjunto inicial (FACHEL, 1976). Segundo Cooley e Lohnes (1971), a análise fatorial tem se tornado um termo genérico para uma variedade de procedimentos desenvolvidos com o propósito de analisar as intercorrelações existentes dentro de um conjunto de variáveis. Desta forma a Análise dos Componentes Principais (ACP) se inclui dentro desta análise.

Basicamente existem as seguintes etapas a serem seguidas para a análise fatorial: a) padronização dos dados, b) preparação da matriz de correlação, c) extração dos fatores e d) obtenção das cargas fatoriais, que correlacionam as variáveis iniciais com os fatores formados.

Neste trabalho foram realizadas análises fatoriais para cada período do ano hidrológico. A extração dos fatores foi feita através dos componentes principais e fixaram-se dois fatores que representaram a maior % de explicação para a variabilidade dos dados. Com os escores dos fatores produziram-se gráficos relacionando as estações de coleta com os eixos obtidos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da qualidade da água estão representados nas Tabelas 2 e 3. As Figuras 3 a 6 representam a distribuição espacial das variáveis medidas.

Variação Espacial

Os dados indicaram de forma geral a influência dos lançamentos de origem antrópica após o curso d'água principal atravessar zona urbana do município.

No período de verão foram registrados valores de oxigênio dissolvido próximos de 0,0 (zero), nas estações E3 e E6. A condutividade apresentou o mesmo padrão de variação, onde os maiores valores foram encontrados para sítios de amostragem localizados em área urbana.

O gradiente de aumento para a condutividade e diminuição de OD refletiu os despejos de fontes pontuais e difusas de poluição sobre o curso principal. Este gradiente também pode ser

observado para o pH que sofreu um ligeiro aumento a partir da estação E2. Os dados de turbidez não apresentaram padrão em termos de variação espacial.

A estação E1, localizada no interior Estação Ecológica de Ribeirão Preto, apresentou os melhores níveis de qualidade de água e pode, em monitoramento futuro, ser utilizada como sítio de referência.

Variação Temporal

As variações temporais demonstram a interferência das condições climáticas e sazonalidade existente na área de estudo.

As variáveis condutividades de oxigênio dissolvido apresentaram as menores amplitudes de variação para o período de inverno, ou seja, valores máximos e mínimos mais próximos às médias registradas. Isto indica que a pouca pluviometria no período proporciona uma maior estabilidade nos trechos analisados. Já no período chuvoso (verão), foram registradas as maiores amplitudes de variação para estas variáveis refletindo provavelmente a influência da pluviometria no e aumento de vazão do rio sobre estes indicadores.

Análises Estatísticas Exploratórias

A Tabela 4 representa a matriz de correlação (r de Spearman) para as variáveis analisadas, foram consideradas significativas as correlações com $p < 0,05$.

Os resultados da matriz indicam que o pH mostrou correlações positivas com a temperatura e turbidez da água. A condutividade apresentou correlação positiva com a temperatura ($r=0,73$) e correlação negativa com oxigênio dissolvido ($r=-0,84$). O oxigênio dissolvido também demonstrou correlação negativa ($r=-0,64$) com a temperatura. As correlações demonstraram a influência da temperatura e condutividade sobre a solubilidade do oxigênio dissolvido, sendo negativa a correlação em ambos os casos.

As análises de agrupamento (*Cluster Analysis*) estão representadas nos dendogramas de similaridade espacial das estações de coleta para cada período sazonal (Figuras 7 e 8).

No verão/2007 observou-se a formação de dois grupos distintos. O primeiro grupo formado pelas estações E1 e E2 e o segundo grupo formado pelos sítios E3, E4, E5 e E6.

Esta distribuição das estações reflete as influências e impactos da área urbana sobre a qualidade da água. O primeiro grupo formado (E1 e E2) apresenta níveis de qualidade da água superior, principalmente relacionada ao oxigênio dissolvido e condutividade. A estação E1 encontra-se no interior de uma unidade de conservação (Estação Ecológica de Ribeirão Preto) e a segunda (E2) a montante de área densamente urbanizada do município. Já o segundo grupo de estações, situa-se totalmente na área urbanizada, neste caso com baixos valores de oxigênio

dissolvido e índices elevados de condutividade, refletindo os lançamentos e impactos da área urbana.

Para o período de inverno/2008, foi registrada a formação de dois grupos, sendo o primeiro novamente com as estações E1 e E2 e o segundo com as estações E3, E5 e E6. A estação E4 mostrou-se isolada das demais. O padrão de distribuição foi o mesmo encontrado para o período de verão, entretanto o isolamento da estação E4 pode estar relacionado a maior influência de fontes pontuais e difusas devido este sítio estar localizado na foz do córrego Retiro Saudoso, um tributário que drena área urbana com maior número de lançamentos de efluentes domésticos do município.

Os resultados da análise fatorial estão apresentados na Tabela 5, onde podem ser observadas as cargas fatoriais de cada variável da qualidade da água distribuídas nos fatores extraídos. O ordenamento das estações de coleta nos fatores 1 e 2, está representado nas Figuras s e r.

No verão, os dois fatores extraídos representaram uma explicabilidade de 93,00%, sendo 73,00% para o primeiro e 20,00% para o segundo. No primeiro fator, as variáveis mais correlacionadas positivamente foram temperatura e condutividade e negativamente o pH e oxigênio dissolvido. O segundo fator foi influenciado negativamente apenas pela turbidez.

As Figuras 9 e 10 apresentam a distribuição das estações de coleta ao longo dos fatores 1 e 2 para os períodos de verão e inverno, respectivamente. No verão, a estação E1 foi a mais fortemente correlacionada com o fator 1, indicando valores medianos elevados de oxigênio dissolvido e baixa condutividade, seguida da E2. A estação E4 foi a mais correlacionada com o fator 1, refletindo a altos valores de condutividade e baixa oxigenação da água. As demais estações se posicionaram positivamente correlacionadas com o primeiro fator refletindo também os valores da E4.

Para o inverno, os dois fatores extraídos também representaram uma explicabilidade de 93,00%, sendo 70,00% para o primeiro e 23,00% para o segundo. No primeiro fator, as variáveis mais correlacionadas positivamente foram pH e oxigênio dissolvido e negativamente a temperatura e condutividade. O segundo fator foi influenciado negativamente pela turbidez.

Com relação a distribuição das estações nos eixos dos fatores o padrão encontrado para o inverno foi praticamente o mesmo, apenas com uma ligeira melhora nos níveis de oxigenação das estações localizadas na área urbana do município.

A Análise de Agrupamentos e a Análise de Componentes Principais, uma técnica similar a Análise Fatorial, também foi aplicada com sucesso em dados de qualidade da água por Schetagne (1986), Nielson e Stevens (1986), Alaez *et al.* (1988) e Simoneau (1986).

Skoulikidis (1993) empregou a Análise de Agrupamentos e a Análise Fatorial em levantamento limnológico de 13 rios da Grécia. Estes métodos permitiram ao autor verificar que as características climáticas, petrográficas e a poluição foram os principais influentes nos resultados

encontrados. Haase *et al.* (1989) aplicaram a Análise Fatorial para a determinação de um índice de qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Guaíba (RS), como instrumento acessório na interpretação dos resultados e na otimização dos recursos utilizados na rede de monitoramento.

Para este estudo, tanto a Análise de Agrupamento como a Análise Fatorial foram satisfatórias em estabelecer similaridades entre as estações e reduzir a dimensionalidade dos dados.

Tabela 2. Resultados obtidos das variáveis físicas e químicas da água para o período de verão.

Estação	Estatística Descritiva	Temperatura (°C)	pH	Condutividade (µS/cm)	OD (mg/L)	Turbidez (NTU)	STS (mg/L)
E1	n	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	Mínimo	20,90	6,75	78,40	2,64	4,00	2,67
	Máximo	22,50	7,41	91,90	6,33	70,00	32,07
	Mediana	21,54	7,09	85,90	5,36	22,60	11,53
	Média	21,30	7,08	84,40	5,98	9,00	5,68
	Desv.Padrão	0,59	0,21	4,86	1,39	24,58	12,04
E2	n	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
	Mínimo	22,90	6,86	98,30	2,21	10,00	11,25
	Máximo	24,20	7,19	146,40	5,67	92,00	204,17
	Mediana	23,58	6,98	121,36	4,40	41,20	58,31
	Média	23,70	6,94	131,20	4,59	37,00	25,00
	Desv.Padrão	0,44	0,11	19,25	1,17	27,39	73,54
E3	n	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
	Mínimo	23,20	6,76	118,20	0,52	16,00	17,14
	Máximo	24,80	7,02	169,70	3,22	47,00	44,50
	Mediana	24,22	6,86	147,04	1,58	31,60	30,14
	Média	24,30	6,85	156,10	0,89	33,00	27,22
	Desv.Padrão	0,57	0,09	22,60	1,06	12,04	11,10
E4	n	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
	Mínimo	24,30	6,64	105,60	0,41	7,00	9,29
	Máximo	26,10	7,11	198,60	2,87	35,00	50,00
	Mediana	25,18	6,85	160,48	1,54	17,00	20,65
	Média	25,10	6,78	170,40	1,60	13,00	14,29
	Desv.Padrão	0,72	0,17	33,63	0,99	9,80	14,87
E5	n	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
	Mínimo	23,40	6,76	116,60	0,73	12,00	8,57
	Máximo	25,40	7,11	173,10	3,19	38,00	41,43
	Mediana	24,58	6,94	149,34	1,75	28,20	25,32
	Média	24,60	6,88	162,00	1,07	38,00	24,86
	Desv.Padrão	0,69	0,14	23,28	1,02	12,04	12,92
E6	n	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
	Mínimo	21,70	6,84	118,80	0,82	12,00	6,25
	Máximo	25,90	7,29	189,70	3,72	37,00	46,25
	Mediana	24,14	7,01	155,80	2,37	22,80	23,40
	Média	24,50	6,87	170,10	2,30	18,00	24,50
	Desv.Padrão	1,40	0,19	27,46	0,96	10,23	13,35

Tabela 3. Resultados obtidos das variáveis físicas e químicas da água para o período de inverno.

Estação	Estatística Descritiva	Temperatura (°C)	pH	Condutividade (µS/cm)	OD (mg/L)	Turbidez (NTU)
E1	n	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
	Mínimo	16,30	6,54	41,70	6,44	9,00
	Máximo	21,80	6,70	85,70	7,16	16,00
	Mediana	18,93	6,64	71,03	6,78	12,25
	Média	18,80	6,67	78,35	6,77	12,00
	Desv.Padrão	2,01	0,07	17,35	0,28	2,49
E2	n	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
	Mínimo	17,20	6,02	86,10	5,42	15,00
	Máximo	22,00	7,45	100,70	6,12	22,00
	Mediana	19,63	6,69	91,73	5,85	17,75
	Média	19,65	6,64	90,05	5,93	17,00
	Desv.Padrão	1,78	0,51	5,51	0,27	2,59
E3	n	4,00	3,00	4,00	4,00	4,00
	Mínimo	18,40	6,26	97,40	3,27	26,00
	Máximo	22,40	7,10	127,90	3,95	67,00
	Mediana	20,23	6,60	114,60	3,65	37,25
	Média	20,05	6,45	116,55	3,68	28,00
	Desv.Padrão	1,55	0,36	11,55	0,25	17,25
E4	n	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
	Mínimo	20,10	6,13	108,80	2,36	6,00
	Máximo	23,80	6,80	134,40	2,80	9,00
	Mediana	21,73	6,48	122,08	2,51	7,50
	Média	21,50	6,49	122,55	2,44	7,50
	Desv.Padrão	1,37	0,26	9,74	0,18	1,12
E5	n	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
	Mínimo	18,60	6,35	102,10	3,23	23,00
	Máximo	22,70	6,75	124,10	3,58	26,00
	Mediana	20,43	6,57	114,18	3,41	24,00
	Média	20,20	6,60	115,25	3,41	23,50
	Desv.Padrão	1,57	0,16	8,49	0,14	1,22
E6	n	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
	Mínimo	19,10	6,43	106,30	3,86	15,00
	Máximo	23,00	6,74	121,50	4,38	23,00
	Mediana	20,75	6,61	115,30	4,06	18,50
	Média	20,45	6,63	116,70	3,99	18,00
	Desv.Padrão	1,51	0,12	5,67	0,20	3,20

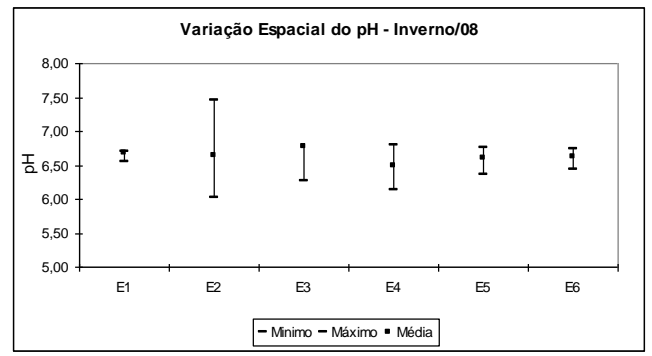
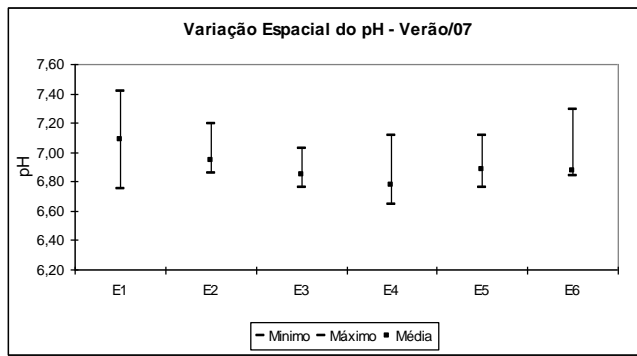


Figura 3. Variação espacial do pH nos períodos de verão e inverno.

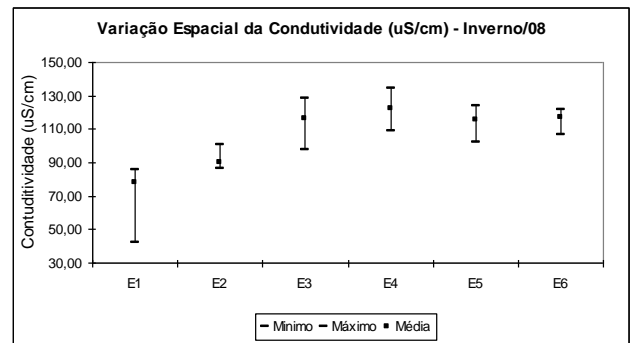
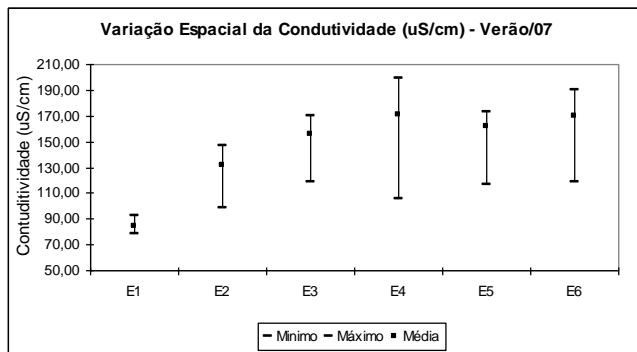


Figura 4. Variação espacial da Condutividade ($\mu\text{S/cm}$) nos períodos de verão e inverno.

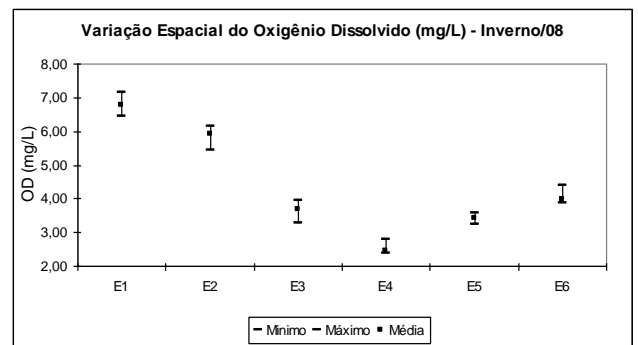
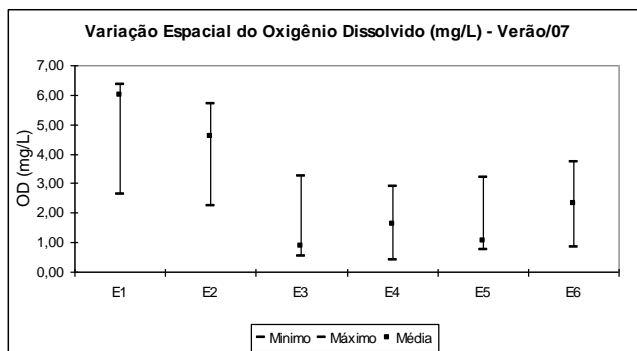


Figura 5. Variação espacial do Oxigênio Dissolvido (mg/L) nos períodos de verão e inverno.

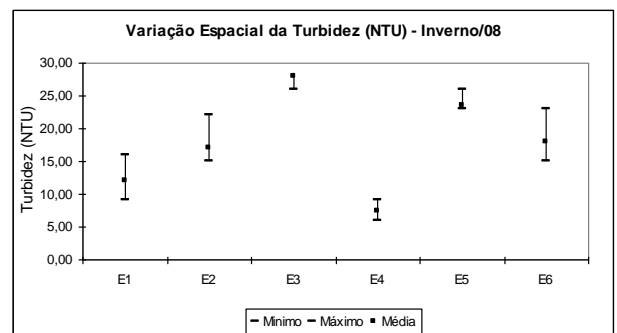
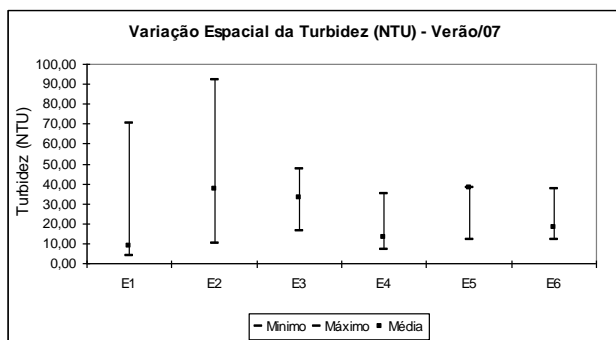


Figura 6. Variação espacial de Turbidez (NTU) nos períodos de verão e inverno.

Tabela 4. Matriz de correlação entre as variáveis medidas. Correlação r de Spearman. Em as correlações significativas a $p < 0,05$.

	Temperatura	pH	Condutividade	OD	Turbidez
Temperatura	1.00				
pH	0.51	1.00			
Condutividade	0.73	0.19	1.00		
OD	-0.68	-0.12	-0.84	1.00	
Turbidez	0.15	0.31	-0.05	0.12	1.00

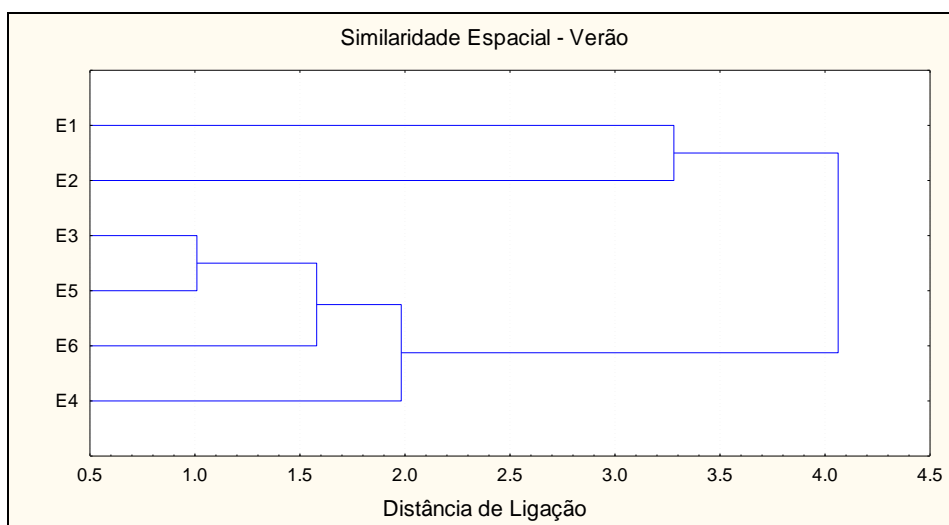


Figura 7. Dendrograma de similaridade espacial entre as estações de coleta para os valores medianos de verão.

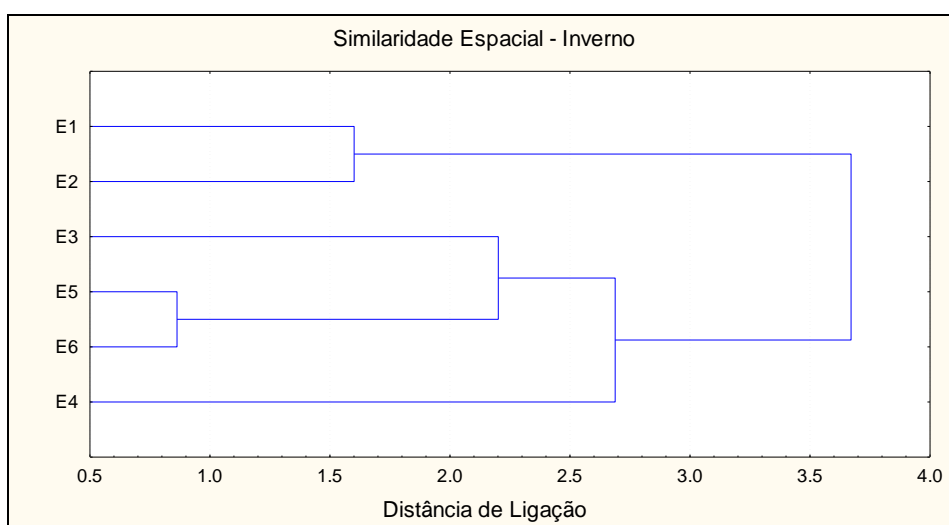


Figura 8. Dendrograma de similaridade espacial entre as estações de coleta para os valores medianos de inverno.

Tabela 5. Análise Fatorial: cargas fatoriais das variáveis de qualidade da água distribuídas nos fatores 1 e 2 para os valores medianos de Verão e Inverno.

<i>Variáveis</i>	<i>Verão</i>		<i>Inverno</i>	
	<i>Fator 1</i>	<i>Fator 2</i>	<i>Fator 1</i>	<i>Fator 2</i>
Temperatura	0.97	-0.11	-0.91	0.40
pH	-0.89	0.21	0.84	0.27
Condutividade	0.97	0.01	-0.97	0.02
Oxigênio Dissolvido	-0.97	-0.07	0.99	-0.08
Turbidez	-0.22	-0.97	-0.24	-0.95
Autovalores	3.66	1.00	3.51	1.15
% Explicação	0.73	0.20	0.70	0.23

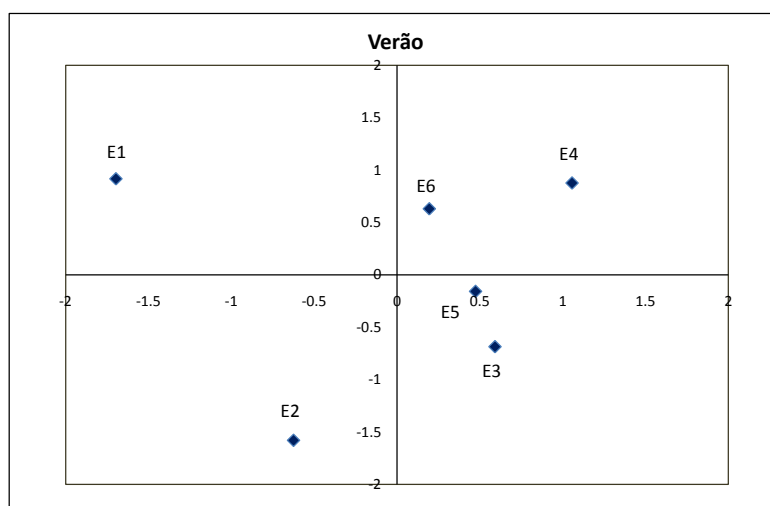


Figura 9. Distribuição das estações de coleta ao longo dos fatores 1 e 2 para os valores medianos registrados no verão.

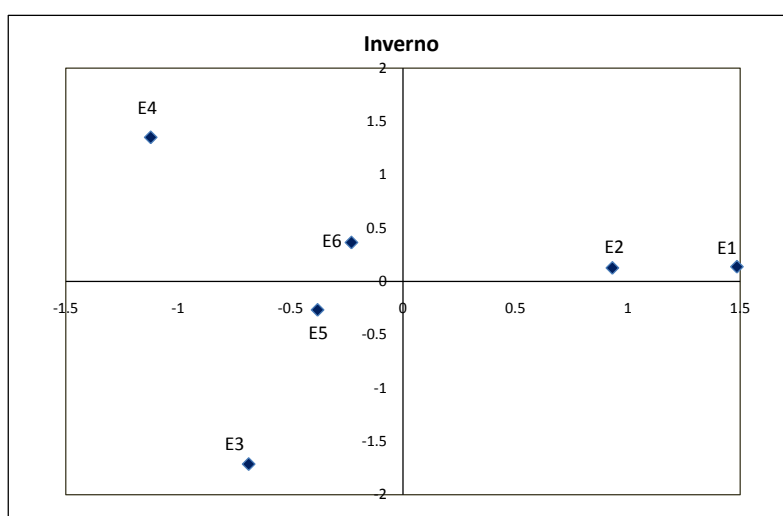


Figura 10. Distribuição das estações de coleta ao longo dos fatores 1 e 2 para os valores medianos registrados no inverno.

5. CONCLUSÕES

O monitoramento realizado na bacia do rio Ribeirão Preto demonstrou a influencia da área urbana sobre a qualidade da água relacionada provavelmente a lançamentos pontuais e difusos. A estação E1, localizada no interior de uma unidade de conservação, se mostrou satisfatória como sítio de referencia para futura rede de monitoramento a ser implementada na bacia.

As análises estatísticas exploratórias utilizadas, análise de agrupamento e análise fatorial, apresentaram uma classificação das variáveis da qualidade da água no aspecto espacial como sazonal. Ambas as técnicas multivariadas forneceram um auxilio à interpretação dos dados produzidos e em programas de monitoramento mais amplos, com maior numero de variáveis, podem ser uteis na transformação dos dados em informações.

6. BIBLIOGRAFIA

ALAEZ, M.C.F.; ALAEZ, M.F.; CALABUIG, E.L. (1988). “*Variations in time and space of some physical and chemical variables in the Bernesga river (Léon, Spain)*”. *Annls Limnology*, v. 24, n° 3, pp. 285-291.

APHA- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1995). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Byrd Prepress Springfield, Washington, DC. 19th ed, 412p.

COOLEY, W.W.; LOHNES, P.R. (1971). *Multivariate data analysis*. New York, Willey.

DORMAN, L.; RODGERS JR, J. H.; CASTLE, J. W. (2010). “*Characterization of Ash-Basin Waters from a Risk-Based Perspective*”. *Water Air Soil Pollut* n° 206, pp.175–185

EYRE, B.D.; PEPPERELL, P. (1999). “*A spatially intensive approach to water quality monitoring in the Rous River catchment, NSW, Australia*”. *Journal Environmental Management*, n° 56, pp.97-118.

FACHEL, J. (1976). *Análise fatorial*. São Paulo. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Matemática e Estatística, Universidade de São Paulo.

GILBERT, R. O. (1987). *Statistical methods for environmental pollution monitoring*. New York, Van Nostrand Reinhold.

GRANGER, S. J. (2010). “*High Temporal Resolution Monitoring of Multiple Pollutant Responses in Drainage from an Intensively Managed Grassland Catchment Caused by a Summer Storm*”. *Water Air Soil Pollut*, n° 205, pp. 377–393

HAASE, J.; KRIEGER, J.A.H.; POSSOLI, S. (1989). “*Estudo da variabilidade do uso da técnica de análise fatorial como um instrumento na interpretação da qualidade da água da bacia hidrográfica do Guaíba, RS, Brasil*”. *Ciência e Cultura*, v.41, n° 6, pp.576-582

LETTENMAIER, D. P. (1976). “*Detection of trends in water quality data from records with dependent observations*”. *Water Resources Research*, v.12, n° 5, pp.1037-1046.

MONTGOMERY, H. A. C.; HART, I. C. (1974). “*The design of sampling programmes for rivers on effluents*”. *Water Pollution Control*, v.33, n° 1, pp.77-101.

MOURA, L. H. A.; BOAVENTURA, G. R.; PINELLI, M. P. (2010). “*A Qualidade de água como indicador de uso e ocupação do Solo: Bacia do Gama – Distrito Federal*”. *Química Nova*, Vol. 33, n° 1, pp. 97-103.

NIELSON, M.A.; STEVENS, R.J.J. (1986). “*Determination of water quality zonation in lake Ontario using multivariate techniques*”. In *Proceedings of the Workshop on the Statistical Aspects of Water Quality Monitoring*, Amsterdam, Elsevier, pp.99-116.

SABINO, C. V. S.; ABREU, J. F.; LOBATO, W.; SABINO, G. S.; KNUP, E. A. N. (2008). “*Análise de alguns aspectos da qualidade da água da Bacia do Rio Paraopeba utilizando estatística multivariada*”. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, Volume 8, n° 2, pp. 6-18

SANDERS, T. G.; ADRIAN, D. D. (1978). “*Sampling frequency for river quality monitoring*”. *Water Resources Research*, v.14, n° 4, pp.569-576.

SCHETAGNE, R. (1986). “*The use of multivariate methods in the interpretation of water quality monitoring data of a Large Northern reservoir*”. In *Proceedings of the Workshop on the Statistical Aspects of Water Quality Monitoring*. Amsterdam, Elsevier, pp.30-43.

SIMONEAU, M. (1986). "*Spatial variability in the water quality of Québec rivers*". In Proceedings of the Workshop on the Statistical Aspects of Water Quality Monitoring. Amsterdam, Elsevier, pp.117-136.

SKOULIKIDIS, N.T. (1993). "*Significance evaluation of factors controlling river water composition*". Environmental Geology, v.22, pp.178-185.

TUNDISI, J. G. (2005). *Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez*. 2 ed. Rima, São Carlos-SP, 248 p.

VON SPERLING, M. (2005). *Introdução a qualidade da água e ao tratamento de esgotos*, 3 ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG, 452 p.

WARD, R. C. (1986). "*The data-rich but information-poor syndrome in water quality monitoring*". Environmental Management, v.10, n^o3, pp.291-297.

WARD, R. C. et al. (1979). "*Statistical evaluation of sampling frequencies in monitoring networks*". Journal Water Pollution Control Federation, v.55, n^o p4, p.440-404.