

Diagnóstico temporal e espacial da qualidade das águas superficiais do Córrego Bandeira, Campo Grande, MS

Temporal and spatial diagnosis of surface water quality in the Corrego Bandeira River, Campo Grande, MS, Brazil

Amaury de Souza¹, Ana Paula Almeida Bertossi^{2*}, Giancarlo Lastoria³

Resumo: A ocupação e o uso dos solos decorrentes de atividades humanas alteram sensivelmente os processos biológicos, físicos e químicos dos sistemas naturais. Essas alterações, quando ocorridas em uma bacia hidrográfica, podem ser avaliadas através do monitoramento da qualidade das águas superficiais. No presente trabalho, objetiva-se identificar os fatores determinantes da qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do Córrego Bandeira, bem como agrupar os pontos de coleta quanto à similaridade das características físico-químicas selecionadas, para verificar o efeito da sazonalidade sobre a qualidade das águas estudadas, utilizando técnicas da estatística multivariada. Coletaram-se amostras de água superficial em seis pontos distribuídos ao longo do Córrego Bandeira, desde a nascente até a foz. As variáveis físico-químicas analisadas foram: coliformes termotolerantes, fósforo total, nitrogênio total, demanda bioquímica de oxigênio, sólidos totais, temperatura, turbidez, oxigênio dissolvido e pH. A análise de componentes principais permitiu a seleção de três componentes indicadores da qualidade das águas, explicando 75% da variância total. Todas as variáveis físico-químicas analisadas foram representativas da variabilidade da qualidade das águas superficiais do Córrego Bandeira. A análise de agrupamento formou dois grupos distintos de qualidade, que diferiram quanto aos valores das variáveis físico-químicas e quanto à sazonalidade.

Palavras-chave: Agrupamento. Componentes Principais. Indicadores de Qualidade da Água.

Abstract: The occupation and the use of land resulting from human activities can significantly alter the biological, physical and chemical processes of natural systems. Such changes taking place in a watershed can be evaluated by monitoring the quality of the surface water. The aim of this study was to identify the determining factors of surface water quality in the watershed of the Córrego Bandeira River, and to group collection points by similarity of the selected physical and chemical characteristics, so as to verify the effect of seasonality on the quality of the waters under study using techniques of multivariate statistics. Samples of surface water were collected from six points along the Córrego Bandeira River, from its source to the mouth. The physical and chemical variables to be analysed were: thermotolerant coliforms, total phosphorus, total nitrogen, biochemical oxygen demand, total solids, temperature, turbidity, dissolved oxygen and pH. Principal component analysis made possible the selection of three components as indicators of water quality, explaining 75% of the total variance. All of the physical and chemical variables analysed were representative of the variability in surface water quality of the Córrego Bandeira River. Cluster analysis however formed two distinct groupings by quality, which showed different values for the physical and chemical variables, and differed in seasonality.

Key words: Clustering. Principal Components. Water quality indicators.

*Autor para correspondência

Enviado para publicação em 26/09/2014 e aprovado em 24/06/2015

¹Professor do Instituto de Física da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Brasil, amaury.de@uol.com.br.

²Doutoranda em Produção Vegetal na Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre/ES, Brasil, anapaulabertossi@yahoo.com.br.

³Professor da Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Brasil, g.lastoria@ufms.br.

INTRODUÇÃO

A ocupação e o uso dos solos decorrentes de atividades humanas alteram sensivelmente os processos biológicos, físicos e químicos dos sistemas naturais. Essas alterações ocorridas em uma bacia hidrográfica podem ser avaliadas através do monitoramento da qualidade das águas superficiais, tendo em vista que os rios recebem descargas industriais e municipais; além das águas de drenagem oriundas das áreas exploradas pela agropecuária (SINGH *et al.*, 2004).

A qualidade da água de uma região é determinada por processos naturais (intensidade das precipitações, intemperismo, cobertura vegetal) e pela influência antrópica (agricultura, concentração urbana, atividade industrial e uso excessivo da água). A exploração incorreta dos solos pela agropecuária representa uma fonte de poluição difusa e constante ao longo de todo o ano; enquanto que o escoamento superficial é um fenômeno sazonal, extremamente afetado pelas condições climáticas da bacia (VEGA *et al.*, 1998).

Entende-se por poluição da água a alteração de suas características por quaisquer ações ou interferências, sejam elas naturais ou antrópicas. Segundo Santos (2005), as alterações dos parâmetros de qualidade das águas são causadas principalmente por características edáficas, como declividade e tipo de uso e cobertura do solo, as quais regulam a quantidade de sedimentos e concentrações químicas que podem ser carreados para os cursos d'água.

Desta forma, o uso e ocupação do solo é o principal fator de degradação dos cursos d'água, pois determinam a deposição dos recursos orgânicos e compostos tóxicos derivados das atividades antrópicas, que constituem fontes pontuais e difusas de poluição, ocasionada pela erosão acelerada do solo (BASNYAT *et al.*, 2000).

O conhecimento acerca da qualidade da água de uma bacia hidrográfica possibilita inferir sobre as condições da bacia hidrográfica como um todo. Uma forma de se conhecer a qualidade da água é fazer o diagnóstico temporal e espacial, obtendo informações necessárias ao gerenciamento e para ações de intervenção de recuperação ou de preservação dos mananciais, favorecendo a sustentabilidade dos ecossistemas (TUNDISI; TUNDISI, 2008).

A avaliação da qualidade dos recursos hídricos pode ser realizada pela análise dos resultados obtidos das amostras com os padrões de qualidade estabelecidos por resoluções. No Brasil, a classificação das águas em relação à qualidade requerida para seus usos é estabelecida pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente por meio da Resolução 357/2005 (BRASIL, 2005), muito utilizada para comparar o nível de qualidade das águas brasileiras para as diversas classes de usos.

Neste estudo, objetiva-se identificar os fatores determinantes (naturais e antrópicos) da qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do Córrego Bandeira. Procurou-se agrupar os pontos de coleta quanto à similaridade das características físico-químicas selecionadas

a fim de verificar o efeito da sazonalidade sobre a qualidade das águas estudadas. Para tanto, utilizou-se técnicas da estatística multivariada.

MATERIAIS E MÉTODOS

Descrição da área

A cidade de Campo Grande – MS (S 20°26'16" W 54°32'16" – 677 metros de altitude) localiza-se na região Centro-oeste do Brasil. Encontra-se a cerca de 1200 km ao sul da região sul da Bacia Amazônica e a cerca de 150 km a leste do Pantanal (maior planície alagável do mundo). Situa-se no planalto de Maracaju, divisor de águas entre as bacias hidrográficas do Rio Paraná e do Rio Paraguai, ficando aproximadamente 100 km a leste da Cordilheira dos Andes.

Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima da região de Campo Grande é classificado como tropical, com estação seca. Caracteriza-se por temperaturas elevadas, de 18 a 28°C, com amplitude térmica de 5 a 7°C, além de possuir estações bem definidas, uma chuvosa e outra seca. Apresenta alto índice pluviométrico, em torno de 1500 mm/ano, com o período chuvoso começando em outubro e estendendo-se até abril, enquanto o período seco corresponde aos demais meses do ano.

Coleta e análise das amostras de águas

A qualidade da água foi monitorada em seis pontos de amostragem distribuídos ao longo do Córrego Bandeira, desde a nascente (ponto 1) até a foz (ponto 6). As variáveis físico-químicas analisadas foram: coliformes termotolerantes, fósforo total, nitrogênio total, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), sólidos totais, temperatura, turbidez, oxigênio dissolvido (OD) e pH, conforme metodologias descritas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (EATON *et al.*, 2005).

As amostras de água foram coletadas na camada superficial, utilizando-se os procedimentos de coleta e conservação, seguindo os padrões de higiene e controle de amostragem descrita por Agudo (1987). As campanhas de amostragem ocorreram no período de 2010 a 2011, distribuídas em períodos de chuva, começando em outubro e estendendo-se até abril, e períodos secos, que correspondem aos demais meses do ano.

Aplicação de ferramentas estatísticas

Os dados obtidos no monitoramento foram analisados por meio de estudos estatísticos preliminares e de estatísticas básicas, como sugere Von Sperling (2005). Assim, foi possível fazer a organização e a caracterização

do comportamento das condições de qualidade da água nas seis estações de monitoramento, que representaram diferentes condições de uso e ocupação do solo.

Aplicou-se a análise de componentes principais (ACP) com o objetivo de identificar um número menor de novas variáveis (componentes) alternativas, que sumarizassem as principais informações e a variância das variáveis originais. Essas novas variáveis geram escores para cada componente amostral (PIRES *et al.*, 2003). Para eliminar os efeitos produzidos pelas diferentes escalas e unidades, padronizaram-se os dados (média igual a zero e desvio-padrão igual a um) através do método Z scores.

A seleção do número de componentes extraídas neste trabalho seguiu os preceitos apresentados por Hair *et al.* (2005), nos quais se consideram somente componentes com autovalor superior à unidade. Esse critério fundamenta-se no fato de que qualquer componente deve explicar uma variância superior àquela apresentada por uma simples variável padronizada, que é um. Após a seleção das componentes principais, escolheu-se as variáveis que apresentaram coeficiente de correlação maior ou igual a 0,5.

As variáveis selecionadas na análise de componentes principais foram utilizadas na análise de agrupamento para encontrar similaridades entre os pontos de coleta (BROGUEIRA; CABEÇADAS, 2006; SINGH *et al.*, 2005). Para isso, aplicou-se a análise de agrupamento pelo método hierárquico de Cluster, processada no software Statistical Package for Social Sci-ences – SPSS 16.0. A similaridade foi mensurada pela distância Euclidiana ao quadrado (soma dos quadrados das diferenças). O algoritmo de agrupamento aplicado foi o método Ward (soma total dos quadrados dos desvios de cada objeto em relação à medida do grupo no qual

foi inserido). A escolha destes métodos tem como fundamento a sua frequente empregabilidade por diversos pesquisadores que estudam qualidade da água (ANDRADE *et al.*, 2007; FONTENELE *et al.*, 2011, PALÁCIO *et al.*, 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelo teste da análise da componente principal (ACP), um modelo com três componentes foi adequado para representar as variáveis físicas, químicas e microbiológicas analisadas nas águas e explicar 75% da variância total (Tabela 1).

Pela análise da Tabela 1, verifica-se que a primeira, a segunda e a terceira componente principal explicaram, respectivamente, 34%, 22% e 19% da variância total dos dados, concentrando em três dimensões, 75% das informações antes diluídas em 9 dimensões (número de variáveis analisadas). Ou seja, a maior parte da variabilidade e das componentes pode ser usada para indicar o processo hidrodinâmico que controla a qualidade das águas, sem perda de características significativas.

Resultados semelhantes aos obtidos nesse trabalho foram obtidos por Girão *et al.* (2007) e por Bhardwaj *et al.* (2010), que ao avaliarem a qualidade das águas dos rios Jaibaras (Ceará) e Chhoti Gandak (Índia), respectivamente, também selecionaram três componentes, que, juntas, explicaram 80,19% e 77,97% da variância total, respectivamente. Enquanto Andrade *et al.* (2007), ao trabalharem com a técnica da Análise Fatorial/ Análise da Componente Principal, selecionaram quatro componentes indicadoras da qualidade das águas superficiais estudadas, que, juntas, explicaram 82,1% da variância total.

Tabela 1- Matriz de peso fatorial das variáveis da qualidade de água nas três componentes principais selecionados

Table 1- Weighted factor matrix of the water quality variables for the three principal components selected

Variáveis	Componente 1	Componente 2	Componente3	Comunalidade
Coliformes termotolerantes (NPM/100 mL)	0,797	0,004	-0,058	0,639
pH	0,561	0,178	0,447	0,546
DBO5,20 (mgL ⁻¹)	0,873	0,252	-0,074	0,831
Fósforo Total (mgL ⁻¹)	0,941	0,159	0,115	0,924
Nitrogênio Total (mgL ⁻¹)	0,443	0,532	0,391	0,633
Temperatura (°C)	-0,209	0,134	-0,762	0,643
Turbidez (UNT)	-0,002	0,839	-0,16	0,729
Sólidos Totais (mgL ⁻¹)	0,256	0,896	0,124	0,884
Oxigênio Dissolvido (mgL ⁻¹)	-0,397	0,127	0,836	0,872
Autovalor	3,062	1,945	1,70	6,702
% Var	34	22	19	75

No presente trabalho, encontraram-se valores superiores, ou seja, com apenas três componentes foi possível explicar 75% da variância total dos dados. Melhores resultados foram obtidos por Kazi *et al.* (2009), no Lago Manchar (Paquistão), em que apenas três componentes principais representaram 97,6% da variância total; Bertossi *et al.* (2013a) avaliaram a qualidade das águas superficiais e subterrâneas em microbacias hidrográficas, caracterizadas por diferentes coberturas do solo, e com apenas duas componentes, explicaram 91,2% da variância total.

As comunalidades permitem avaliar como o modelo descreve as variáveis originais; representam, pois, a correlação entre cada variável e os fatores extraídos, por isso, pode-se dizer que é uma medida da proporção da variância explicada pelos fatores extraídos. Dessa forma, verifica-se na Tabela 1 que duas variáveis explicadas pela primeira componente apresentaram valores de comunalidade superiores 0,83; duas variáveis selecionadas na segunda componente apresentaram comunalidade superior a 0,72; e uma variável explicada pela terceira componente apresentou comunalidade superior a 0,87, demonstrando que o modelo apresenta uma boa descrição dos dados originais. Pela tabela supracitada, observam-se, também, os pesos fatoriais das componentes um, dois e três, que expressam a relação entre fatores e variáveis, as quais determinam a qualidade das águas do Córrego Bandeira.

Os valores elevados dos pesos fatoriais, em módulo, indicam as variáveis mais significativas em cada fator, permitindo a identificação das variáveis que apresentam maiores inter-relações com cada componente. Segundo Helena *et al.* (2000), o valor absoluto do peso é um indicador da participação da variável na componente principal. Observa-se que, na primeira componente, coliformes termotolerantes, pH, fósforo total e DBO foram as variáveis mais significativas na definição da qualidade da água em estudo. Na segunda componente, nitrogênio total, turbidez e sólidos totais foram os mais importantes, enquanto na terceira componente, oxigênio dissolvido e temperatura constituem as variáveis mais significativas.

Na Figura 1, apresenta-se o dendrograma referente à análise de agrupamento, no qual as águas do Córrego Bandeira foram agrupadas quanto à similaridade das características de qualidade, selecionadas como mais importantes na ACP. Observa-se que o ponto ótimo de corte para formação dos grupos de similaridade se encontra em 40%, pois, a partir desse, ocorre o distanciamento maior na medida de similaridade para a formação dos grupos. Desta forma, definem-se dois agrupamentos distintos. Bertossi *et al.* (2013b), ao avaliarem a semelhança das águas superficiais e subterrâneas de uma sub-bacia hidrográfica rural no Sul do estado do Espírito Santo, através da análise de agrupamento hierárquico, encontraram quatro grupos distintos, enquanto Kazi *et al.* (2009) e Fernandes *et al.* (2010) encontraram três

grupos ao estudarem, respectivamente, as águas superficiais do Lago Manchar (Paquistão) e as águas subterrâneas do semiárido cearense.

Percebe-se que os grupos 1 e 2 foram formados cada um por 15 e 29 pontos de água analisados, ou seja, com 34% e 66% dos pontos de coleta de água estudados. Os grupos formados pela análise de agrupamento apresentaram certa uniformidade quanto à quantidade de pontos de coleta de água por grupo, diferentemente de Palácio *et al.* (2011), que encontraram um grupo com 68,75% dos dados e outro com 2,08%.

Registrou-se a maior similaridade entre os pontos de coleta de água que compõem o grupo 2, devido à distância (%) na qual ocorreu a formação do grupo. Pode-se perceber que esse grupo foi o primeiro a se formar.

O grupo 1 foi formado em sua maioria por águas da estação seca de todos os pontos de coleta, enquanto o grupo 2 por águas coletadas na estação chuvosa, ou seja, a sazonalidade teve um maior peso na definição da similaridade da qualidade das águas do que a variação espacial. Singh *et al.* (2004), monitorando oito pontos para avaliar a variação temporal/espacial da qualidade das águas do rio Gomti, no norte da Índia, verificaram que os pontos de coleta poderiam ser reduzidos para três.

Na Tabela 2, apresentam-se a média, valores máximo e mínimo, para as características químicas avaliadas em cada grupo formado pela análise de agrupamento.

O valor médio de coliformes termotolerantes nos dois grupos formados encontram-se acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05, para águas de classe 2 (1000 NMP/100 mL), que trata das águas superficiais que podem ser destinadas ao abastecimento para o consumo humano, após tratamento convencional, à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas, entre outros fins (BRASIL, 2005). Os altos valores de coliformes termotolerantes encontrados nos grupos podem estar relacionados com a presença de animais de sangue quente na mata localizada no entorno do rio e próxima aos pontos de coleta de água. Porém, o grupo 1 apresentou valor médio bem superior, ou seja, 40 vezes maior que o permitido. Essa variação pode estar relacionada à sazonalidade, pois, como o grupo 2 é caracterizado por águas coletadas no período de chuva, o aporte de água pode ter diluído a concentração de coliformes nos pontos de coleta desse grupo.

O pH não apresentou muita diferença entre os grupos formados, com valor de 7,30 no grupo 1 e 7,40 no grupo 2. Os valores observados encontram-se dentro da faixa considerada normal, para rios de classe 2, como estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05, que indica variação de 6 a 9 (BRASIL, 2005).

O pH indica a condição de acidez, alcalinidade ou neutralidade da água, podendo influenciar em vários processos biológicos e químicos nos corpos d'água. Segundo Von Sperling (2005), valores elevados de pH em sistemas hídricos podem estar associados à

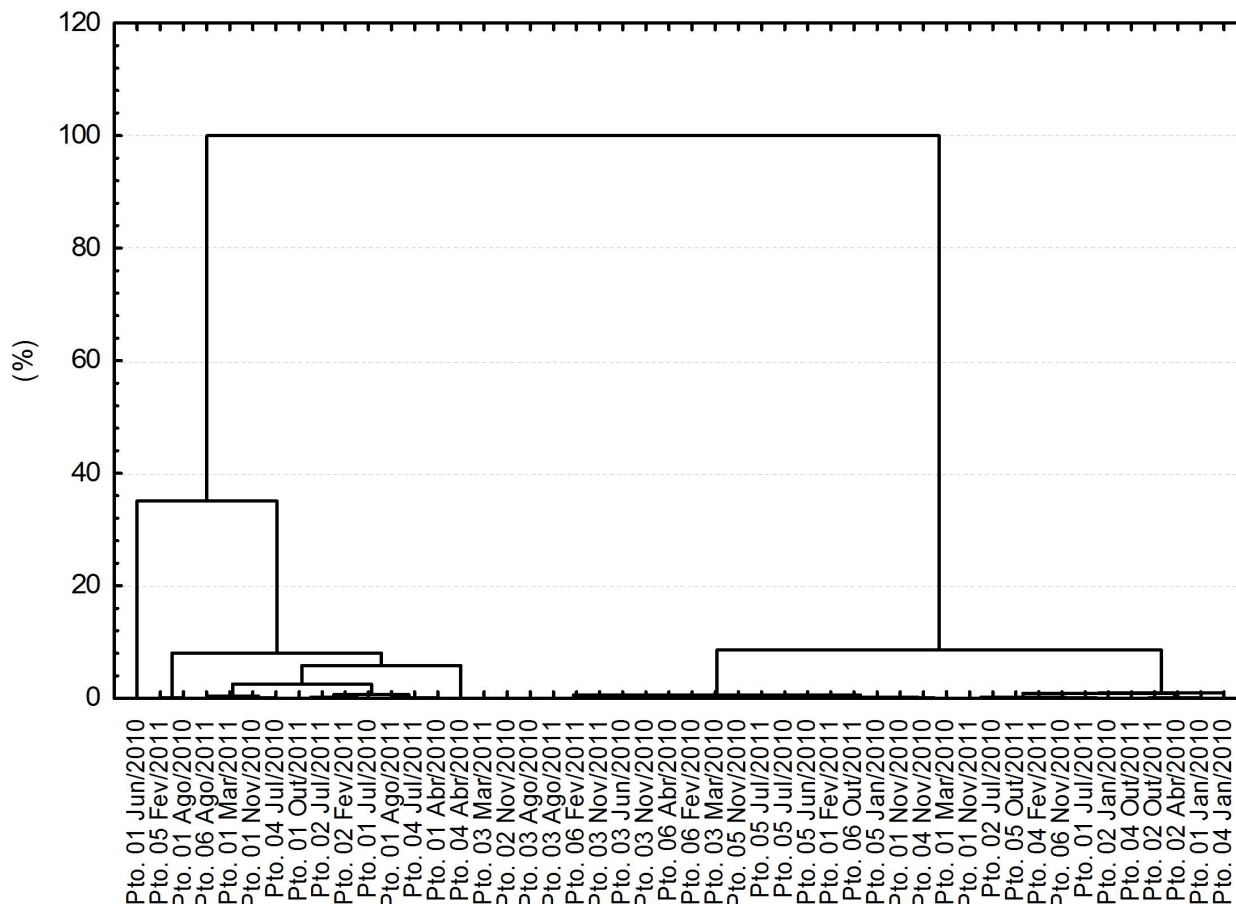


Figura 1- Dendrograma das águas do Córrego Bandeira agrupadas quanto às características de qualidade analisadas em vários pontos de coleta ao longo do rio (Pto. 01 a 06) em diferentes épocas do ano.

Figure 1- Dendrogram of the waters of the Córrego Bandeira River grouped for analysed quality characteristics at various collection points along the river (Points 01 to 06) in different seasons.

Tabela 2 – Média, valores máximo e mínimo das variáveis em estudo para os grupos das águas superficiais da bacia do Córrego Bandeira, definidos pela técnica da análise de agrupamento

Table 2- Mean value, and maximum and minimum values of the variables under study, for groupings of the surface waters of the Córrego Bandeira River watershed, defined with cluster analysis

Variáveis	Grupo 1			Grupo 2		
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Coliformes termotolerantes (NPM/100 mL)	44657,89	500,00	710000,00	1272,73	200,00	4000,00
pH	7,30	6,60	8,23	7,40	6,57	8,39
DBO5,20 (mgL ⁻¹)	3,41	1,00	16,80	1,94	1,00	5,30
Fósforo Total (mgL ⁻¹)	0,22	0,03	1,35	0,15	0,03	0,46
Nitrogênio Total (mgL ⁻¹)	4,50	1,40	10,60	5,25	1,10	14,20
Temperatura (°C)	22,53	18,10	27,00	22,93	20,80	26,00
Turbidez (UNT)	16,89	2,00	55,00	16,64	1,00	34,00
Sólidos Totais (mgL ⁻¹)	84,21	16,00	213,00	126,91	26,00	251,00
Oxigênio Dissolvido (mgL ⁻¹)	7,00	5,40	8,59	7,16	4,80	8,34

proliferação de vegetais em geral, pois, com o aumento da fotossíntese, há consumo de gás carbônico e, portanto, aumento do pH.

Os valores de DBO permitem avaliar o processo de oxidação da matéria orgânica no corpo hídrico por via bioquímica. O grupo 1 apresentou valores de DBO maior que o grupo 2, porém, todos os dois grupos apresentaram valor médio abaixo do máximo permitido pela Resolução CONAMA 357/05, para rios de classe 2, que é de 5 mgL⁻¹ (BRASIL, 2005). Segundo Braga (2005), os maiores valores de DBO num corpo d'água são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. Provavelmente, o maior valor de DBO observado no grupo 1 se deve à queda das folhas que ocorrem na época seca (esse grupo é formado por águas coletadas nesse período do ano e os pontos de coleta são envoltos por árvores que podem ter contribuído com a matéria orgânica).

Quanto ao fósforo total, os dois grupos formados apresentaram valores médios acima do máximo permitido pela Resolução CONAMA 357/05, para rios de classe de 2, que é de 0,1 mgL⁻¹ (BRASIL, 2005). A presença elevada de fósforo pode ser explicada pela descarga de efluentes, especialmente doméstico. O grupo 2, como é formado por águas coletadas no período de chuva, apresentou menor valor médio que o grupo 1, pois o aumento da vazão do rio, ocasionada pelas águas da chuva pode ter diluído a concentração desse elemento.

Os valores médios de nitrogênio total dos grupos 1 e 2 foram bem próximos e esses ambientes podem ser classificados como eutróficos, pois, segundo Smith *et al.* (1999), teores de nitrogênio total acima de 1,5 mg L⁻¹ caracterizam os rios como eutróficos.

Assim, a grande quantidade de fósforo e nitrogênio medida nos pontos de coleta pode ser considerada como fator desencadeador do processo de eutrofização dessas águas, podendo provocar o crescimento acelerado de algas, que conferem odor e gosto desagradáveis, além de contribuir para a redução dos teores de oxigênio dissolvido (SARDINHA *et al.*, 2008).

A temperatura é um fator importante, pois pode interferir em reações químicas e bioquímicas, além de alterar processos biológicos que ocorrem na água. Pode afetar, inclusive, o crescimento microbiológico, devido às faixas ideais de temperatura (MELO *et al.*, 1990). Ela também pode alterar o efeito de autodepuração da água, por acelerar o metabolismo dos microrganismos aquáticos e, conseqüentemente, aumentar o consumo de oxigênio necessário à respiração aeróbica (VIEIRA; FAÇANHA, 1994).

A temperatura média da água entre os dois grupos não apresentou grandes variações. Esses dados expressam baixa variação de temperatura, principalmente, ao serem comparados às temperaturas do ar, que na região varia de 18 a 28°C, ou àquelas que possam propiciar elevação da taxa de crescimento biológico e/ou dissolubilidade de O₂ na água.

A turbidez média dos grupos formados encontra-se abaixo do máximo permitido pela Resolução CONAMA 357/05, para rios de classe 2, que é de 100 UNT (BRASIL, 2005).

A turbidez representa o grau de interferência à passagem da luz através da água, conferindo-lhe uma aparência turva devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte e argila) e de microrganismos (algas, bactérias e plâncton em geral) (VON SPERLING, 2005). Como os valores encontrados foram baixos, pode-se considerar que o rio estudado não apresenta uma aparência turva, permitindo a passagem de luz.

Os sólidos correspondem a toda matéria que permanece como resíduo após evaporação ou secagem da água a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado (CETESB, 2009). Segundo Esteves (2011), os sólidos presentes nas águas são constituídos por todas as substâncias orgânicas e inorgânicas, suspensas ou dissolvidas no meio, excluindo-se os gases.

Os valores de sólidos foram maiores nos pontos de coleta do grupo 2, que é formado por águas coletadas no período de chuva, o que é coerente, já que a principal fonte de sólidos para a água superficial é a erosão do solo, por meio da qual há o aporte de material inorgânico e orgânico para a água (VIEIRA, 1994).

Os valores de OD dos grupos formados foram próximos, sendo considerados bons para a sobrevivência da biota aquática, já que se apresentaram acima do mínimo estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05, para águas de classe 2, que é de 5 mg L⁻¹ (BRASIL, 2005). Apesar do rio ser considerado um ambiente eutrófico, com elevado teor de fósforo e nitrogênio, o consumo de oxigênio pelos microrganismos não reduziu sua concentração a ponto de trazer prejuízos para vida aquática, como observado por ALMEIDA *et al.* (2004) e SARDINHA *et al.* (2008), que encontraram, em seus estudos, valores de oxigênio dissolvido inferiores a 4 mg L⁻¹. Esse fato pode ser atribuído ao consumo desse gás pelos microrganismos, para degradar o excesso de matéria orgânica presente nas águas estudadas.

CONCLUSÕES

Os indicadores da qualidade das águas explicam 75% da variância total. Todas as variáveis físico-químicas analisadas foram representativas da variabilidade da qualidade das águas superficiais do Córrego Bandeira.

A análise de agrupamento formou dois grupos distintos de qualidade, que diferiram quanto à concentração das características físico-químicas e quanto à sazonalidade. Já os pontos de coleta não influenciaram na segregação dos grupos.

Dentre as variáveis físico-químicas analisadas nas águas superficiais do Córrego Bandeira, apenas os valores de coliformes termotolerantes, fósforo e nitrogênio total apresentaram-se acima do máximo permitido pela legislação.

LITERATURA CIENTÍFICA CITADA

- AGUDO, E. G. **Guia de coleta e preservação de amostras de água**. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1987. 150 p.
- ALMEIDA, M. A. B., SCHWARZBOLD, A. Avaliação sazonal da qualidade das águas de Arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um índice de qualidade da água. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n. 1, p. 81-97, 2003.
- ALMEIDA, R. M. A. A. HUSSAR, G. J.; PERES, M. R.; FERRIANE, A. L. J. R. Qualidade microbiológica do córrego “ribeirão dos porcos” no município de Espírito Santo do Pinhal – SP. **Engenharia ambiental**, v. 1, n. 1.p. 51-56, 2004.
- ANDRADE, E. M. ARAÚJO, L. F. P.; ROSA, M. F.; DISNEY, W.; ALVES, A. B. Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 3, p. 683-690, 2007.
- BASNYAT, P.; TEETER, L. D.; LOCKABY, B. G.; FLYNN, K.M. The use of remote sensing and GIS in watershed level analyses of nonpoint source pollution problems. **Forest Ecology and Management**, v. 128, n. 1, p. 65-73, 2000.
- BERTOSSI, A. P. A. CECÍLIO, R. A.; NEVES, M. A.; GARCIA, G. O. Qualidade da água em microbacias hidrográficas com diferentes coberturas do solo no sul do Espírito Santo. **Revista Árvore**, v. 37, n. 1, p. 107-117, 2013a.
- BERTOSSI, A. P. A.; MENEZES, J. P. C.; CECÍLIO, R. A.; GARCIA, G. O.; NEVES, M. A. Seleção e agrupamento de indicadores da qualidade de águas utilizando Estatística Multivariada. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 5, p. 2025-2036, 2013b.
- BHARDWAJ, V.; SINGH, D. S.; SINGH, A. K. Water quality of the Chhoti Gandak River using principal component analysis, Ganga Plain, India. **Journal of Earth System Science**, v. 119, n. 1, p. 117- 127, 2010.
- BRAGA, B.; HOSPAHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 318 p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 53, 17 mar. 2005. Seção 1, p. 58-63. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>> Acesso em: 03 mar. 2014.
- BROGUEIRA, M. J; CABEÇADAS, G. Identification of similar environmental areas in Tagus estuary by using multivariate analysis. **Ecological Indicators**. v. 6, n. 3, p. 508-515, 2006.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Variáveis de qualidade das águas**. 2009. Disponível em: < <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp>>. Acesso em: 01 jun. 2013.
- EATON, A. D.; CLESCERI, L. S.; RICE, E. W.; GREENBERG, A. E. (Ed.). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21. ed. Washington, DC: American Public Health Association, 2005.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.
- FERNANDES, F. B. P.; ANDRADE, E. M.; FONTENELE, S. B.; MEIRELES, A. C. M.; RIBEIRO, J. A. Análise de agrupamento como suporte à gestão qualitativa da água subterrânea no semiárido cearense. **Revista Agro@mbiente on-line**, v.4, n. 2, p. 86-95, 2010.
- FONTENELE, S. B.; ANDRADE, E. M.; SALGADO, E. E.; MEIRELES, A. C. M.; SABIÁ, R. J. Análise espaço-temporal da qualidade da água na parte alta da bacia do rio Salgado, Ceará. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 3, p. 102-109, 2011.
- GIRÃO, E. G.; ANDRADE, E. M.; ROSA, M. F.; ARAÚJO, L. F. P.; MEIRELES, A. C. M. Seleção dos indicadores da qualidade de água no Rio Jaibas pelo emprego da análise da componente principal. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 38, n. 1, p. 17-24, 2007.
- HAIR, J. J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 593 p.
- HELENA, B.; PARDO, R.; VEGA, M.; BARRADO, E.; FERNANDEZ, J. M.; FERNANDEZ, L. Temporal evolution of groundwater composition in an alluvial aquifer (Pisuerga river, Spain) by principal component analysis. **Water Research**, v. 34, n. 3, p. 807-816, 2000.
- KAZI, T. G.; ARAIN, M. B.; JAMALI, N.; AFRIDI, H. I.; SARFRAZ, R. A.; BAIG, J. A.; SHAH, A. Q. Assessment

- of water quality of polluted lake using multivariate statistical techniques: a case study. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 72, n. 2, p. 301- 309, 2009.
- MELO M. T. D.; SAKER-SAMPAIO, S.; VIEIRA, R. S. H. F. Avaliação da poluição orgânica no estuário do Rio Ceará (Fortaleza - Ceará - Brasil). **Revista Caatinga**, v. 7, n. 1, p. 207 – 219, 1990.
- PALÁCIO, H. A. Q.; ANDRADE, E. M.; LOPES, F. B.; ALEXANDRE, D. M. B.; ARRAES, F. D. D. Similaridade da qualidade das águas superficiais da bacia do Curu, Ceará. **Ciência Rural**, v. 39, n. 9, p. 2494-2500, 2009.
- PALÁCIO, H. A. Q.; ARAÚJO NETO, J. R.; MEIRELES, A. C. M.; ANDRADE, E. M.; SANTOS, J. C. N.; CHAVES, L. C. G. Similaridade e fatores determinantes na salinidade das águas superficiais do Ceará, por técnicas multivariadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 395-402, 2011.
- PIRES, J. M. M.; LENA, J. C.; MACHADO, C. C.; PEREIRA, R. S. Potencial poluidor de resíduo sólido da Samarco Mineração: estudo de caso da barragem de Germano. **Revista Árvore**, v. 27, n. 3, p. 393-397, 2003.
- SANTOS, N. A. P. **Influência do uso e da cobertura do solo na qualidade da água na Bacia do Rio das Velhas**. 2005. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.
- SARDINHA, D. S.; CONCEIÇÃO, F.T.; SOUZA, A. D. G.; SILVEIRA, A.; DE JULIO, M. GONÇALVES, J. C. S. I. Avaliação da qualidade da água e autodepuração do ribeirão do meio, Leme (SP). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 13, n. 3, p. 329-338, 2008.
- SINGH; K. P.; MALIK, A.; MOHAN, D.; SINHA, S. Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India)-a case study. **Water Research**, v. 38, n. 18, p. 3980-92, 2004.
- SINGH; K. P.; MALIK, A.; MOHAN, D.; SINHA, S.; SINGH, V. K. Chemometric data analysis of pollutants in wastewater-a case study. **Analytica Chimica Acta**, v. 532, n. 1, p. 25-25, 2005.
- SMITH, V. H.; TILMAN, G. D.; NEKOLA, J. C. Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. **Environmental Pollution**, v. 100, p. 176-196, 1999.
- TUNDISI, T. M.; TUNDISI, J. G. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 632 p.
- VEGA, M.; PARDO, R.; BARRADO, E.; DEBÁN, L. Assesment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis. **Water Research**, v. 32, n. 12, p. 3581-3592, 1998.
- VIEIRA, R. H. S.; FAÇANHA, S. H. F. Parâmetros físico-químicos e pesquisa de coliformes totais, fecais e vibrio parahaemolyticus nas águas do rio Cocó, Fortaleza- Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 25, p. 24-31, 1994.
- VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. 45 p.