



Caracterização do processo de poluição das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Jucu, estado do Espírito Santo, Brasil

Characterisation of the pollution process in the surface waters of the Jucu River Watershed, in the State of Espirito Santo, Brazil

Benvindo Sirtoli Gardiman^{1*}

Resumo: O uso e a ocupação do solo das Bacias Hidrográficas influenciam a qualidade da água, podendo, inclusive, inviabilizar o uso previsto do corpo hídrico. Nesse caso, torna-se pertinente a caracterização dos processos de contaminação de um curso d'água para que se possa identificar quais são os principais fatores determinantes, auxiliando a minimizar os impactos antrópicos. Objetivou-se, com o presente estudo caracterizar o processo de contaminação das águas da Bacia do Rio Jucu a partir de dezesseis variáveis de qualidade de água. Para tanto, foram utilizadas técnicas de estatística multivariada, como análise de componentes principais (ACP) e análise fatorial (AF), que indicaram nove variáveis representativas da variação da qualidade das águas, são elas: N (NH_3), DBO, N(kj), DQO, coliformes totais, pH, sólidos totais e dissolvidos, bem como clorofila. Essas variáveis estão divididas em quatro fatores: Orgânico, Acidez, Sólidos e Eutrofização. Explicando aproximadamente 74% da variância total dos dados, esses fatores estão diretamente relacionados com o enriquecimento das águas por cargas orgânicas, acidez dos solos, escoamento superficial e elevados níveis de nutrientes, respectivamente.

Palavras-chave: Contaminação das águas. Impactos da Urbanização. Qualidade das Águas.

Abstract: Water quality is influenced by the use and occupation of the soil in a watershed; this may even prevent the intended use of the body of water. Characterising the processes of contamination of a waterway has therefore become relevant, with a view to identifying the main determining factors, in order to minimise anthropic impact in the future. In this context, the aim of the present study was to characterise the process of contamination of the waters of the Rio Jucu Basin, based on sixteen variables of water quality. To do this, multivariate statistical techniques were used, such as principal component analysis (ACP) and factor analysis (AF), which indicated nine variables as indicative of variations in water quality: N(NH_3), DBO, N(kj), DQO, total coliform, pH, total solids, dissolved solids and chlorophyll]. These variables were divided into four factors to facilitate their characterisation: Organic, Acidity, Solids and Eutrophication. The factors accounted for around 74% of the total variance of the data, being directly related to enrichment of the water by organic loading, soil acidity, surface runoff and high levels of nutrients, respectively.

Key words: Water contamination. Impacts of Urbanisation. Water Quality.

*Autor para correspondência

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

¹Engenheiro Ambiental, Mestre em Ciências Florestais – Professor do Instituto Federal do Espírito Santo – IFES, Campus Ibatiba, ES, Brasil, benvindo.gardiman@ifes.edu.br

INTRODUÇÃO

A identificação de causas e a quantificação da magnitude da degradação da qualidade da água, especialmente no âmbito de bacias hidrográficas, tem merecido atenção em muitos países. Procura-se estabelecer procedimentos para avaliação de impactos ambientais, adotando técnicas que os minimize e aperfeiçoe o uso da água (CASARIN *et al.*, 2008; MENEZES *et al.*, 2009).

Sabe-se que a qualidade da água é variável ao longo do tempo e de acordo com a localização, pois se relaciona tanto à ação antrópica quanto a causas (ou fatores) naturais. O desenvolvimento urbano, quando sem um correto planejamento ambiental, poderá ocasionar a contaminação dos mananciais de abastecimento público (CARVALHO *et al.*, 2011).

Tais problemas causam alterações nos regimes hidrológicos, elevando o índice de doenças de veiculação hídrica, a contaminação química, a erosão dos solos e o assoreamento das margens. Além dos efeitos de bioacumulação e biomagnificação de metais pesados (POMPEU *et al.*, 2004), essas alterações têm efeitos na quantidade e qualidade hídrica (GARCIA *et al.*, 2011). Efluentes domésticos, efluentes industriais e grandes cargas lançadas de maneira difusa nas áreas urbanas e agrícolas são as principais fontes de poluição (CETESB, 2008), contribuindo, portanto, para a alteração da qualidade da água e da sua utilização.

A Bacia Hidrográfica do Rio Jucu recebe alta carga de poluentes, tanto orgânicos quanto industriais, bem como

princípios ativos de agrotóxicos, oriundos principalmente do escoamento superficial das áreas cultivadas de café e banana. Ademais, às margens do rio encontram-se instaladas diversas atividades (extração de areia para construção civil, emissão de resíduos sólidos domésticos, industriais e hospitalares; lançamentos de efluentes de pocilgas, currais e abatedouros de aves) que, devido à falta de planejamento adequado e sem o devido tratamento, propiciam impactos negativos a bacia.

Em decorrência do apresentado e da dificuldade de compreensão e harmonização de informações referentes à condição da água, a caracterização de sua qualidade se torna imprescindível, principalmente com o auxílio da estatística multivariada (ANDRADE *et al.*, 2005).

Objetivou-se com esse trabalho caracterizar o processo de poluição das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Jucu e seus contribuintes.

MATERIAL E MÉTODOS

A área em estudo compreende a Bacia Hidrográfica do Rio Jucu e de seus tributários principais, a saber: Rio Itanguá, Aribiri, Marinho e Formate (localizados entre 20° 00' 00" e 20° 27' 22" de latitude e entre 41° 14' 42" e 40° 23' 42" de longitude), com altitude variando entre 10 e 1800 metros (Figura 1).

Conforme a classificação de Köppen, o clima da região é Aw, ou seja, tropical úmido (com estação chuvosa no verão e seca no inverno). A precipitação média é de 1.200 mm anuais,

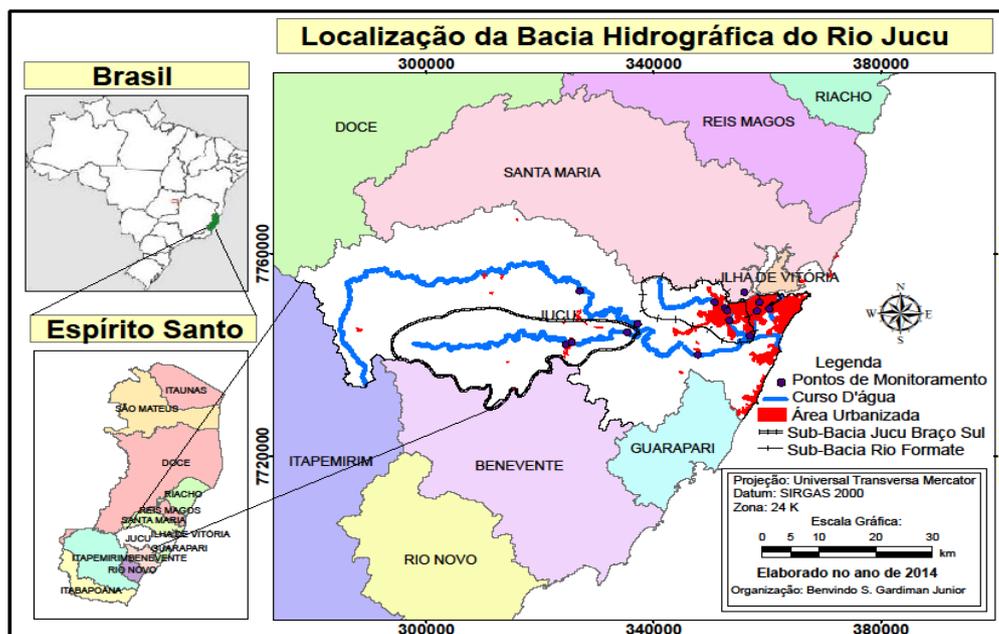


Figura 1 - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Jucu (Fonte: O Autor).

Figure 1 - Location of the Jucu River Watershed (Source: The Author).

concentrando-se na primavera e no verão, entre os meses de outubro e março, quando ocorrem de 65 a 80% das chuvas (ALVARES, 2013).

Utilizaram-se 15 (quinze) pontos de monitoramento da qualidade da água ao longo dos cursos d'água: dois pontos no Rio Jucu Braço Norte (JUC2C001, JUC2E010), três no Rio Jucu Braço Sul (JUC2C005, JUC2C008 e JUC1C009), um no Rio Jucu principal (JUC1C025), um no Rio Itanguá (ITG1C002), um no Rio Aribiri (ARI1C001), dois no Rio Marinho (MAR1C010, MAR1C020) e cinco no Rio Formate (FOR1C001, FOR1E008, FOR1C010, FOR1C012 e FOR1C015) (Figura 1).

As amostras de água foram coletadas em quatro campanhas (Março, Junho, Agosto, Novembro), a fim de registrar se houve ou não evento de chuva nas últimas 24 horas; foram preservadas conforme procedimentos descritos na norma técnica NBR 9898 (ABNT, 1987). Os equipamentos utilizados, bem como os métodos de detecção empregados, seguiram os preceitos da American Public Health Association (EATON *et al.*, 2005).

No estudo, monitoraram-se dezesseis variáveis representativas dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da qualidade da água: Condutividade Elétrica (CE), Clorofila a (Clorof), Surfactantes (Surf), Sólidos Dissolvidos (SD) e Totais (ST), Amônia (NH₃), Nitrogênio Kjeldahl (kj), Nitrato (NO₃), Nitrito (NO₂), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Fósforo Total (Ptot), Oxigênio Dissolvido (OD), Turbidez (Turb), pH e Coliformes Termotolerantes (Colif).

Visando caracterizar o processo de poluição, os dados obtidos foram analisados por técnicas de estatística multivariada, incluindo análise de componentes principais e análise fatorial. Como as variáveis apresentam diferentes unidades de medida, antes de proceder às análises estatísticas, os dados foram correlacionados em matriz [R] em (p x p), sendo p o número de variáveis analisadas. Utilizando-a posteriormente para proceder à análise de componentes principais e da análise fatorial (Equação 1).

$$R = \frac{1}{p-1} D^{-1/2} * SD^{-1/2} \quad (1)$$

Sendo D^{-1/2}, a matriz diagonal (p x p), em que p é o número de variáveis:

S é o X'dXd

S é a matriz de covariância dos quadrados das médias padronizados;

X'd é a matriz transposta de Xd, e;

Xd é a matriz normatizada de dados.

As variáveis com coeficiente de determinação maior ou igual a 0,7 ou menor ou igual a -0,7 foram selecionadas (HAIR JUNIOR *et al.*, 2009). A eficiência do novo modelo

ficou dependente da variação total de cada componente principal, refletida nos autovalores (MOITA NETO, 1998).

Os componentes principais extraídos formam a combinação linear com variância máxima entre as variáveis, de forma que o primeiro componente explique o máximo da variabilidade total dos dados; o segundo explique o máximo da variabilidade total restante dos dados, sendo não-correlacionado com o primeiro; o terceiro explique o máximo da variabilidade total restante dos dados, sendo não-correlacionado com o primeiro e o segundo componentes, assim sucessivamente até que o número de componentes principais seja no máximo igual ao número de variáveis, conforme pode ser observado em Andrade *et al.* (2007a) (Equação 2).

$$f_k = \sum_{i=1}^p W_{ki} X_i = W_{k1} X_1 + W_{k2} X_2 + \dots + W_{kp} X_p \quad (2)$$

Em que:

W_{ki} é o peso da i-ésima variável no k-ésimo fator;

X_i é o escore atribuído a cada variável;

p é o número de variáveis.

A seleção do número de componentes principais extraídos neste estudo seguiu os preceitos apresentados por Hair Junior *et al.* (2009), no qual se consideram somente componentes com autovalor superior a um, e os números de componentes devem possuir variância acumulada a um percentual de 70% ou mais. Esse critério fundamenta-se no fato de que qualquer componente deve explicar uma variância superior àquela apresentada por uma simples variável padronizada, que é igual a um (ANDRADE *et al.*, 2007b).

De posse da matriz de componentes, procedeu-se a rotação dos fatores, objetivando o ajuste dos eixos fatoriais para conseguir uma solução fatorial mais simples e pragmaticamente mais significativa. Utilizou-se a rotação Varimax normalizada, que simplifica ao máximo as colunas da matriz fatorial, aproximando as cargas da matriz em 1 ou -1, facilitando a interpretação, pois elimina valores intermediários (ANDRADE *et al.*, 2003; MONTEIRO; PINHEIRO, 2004; ANDRADE *et al.*, 2007a; ANDRADE *et al.*, 2007b; GIRÃO *et al.*, 2007; LOPES *et al.*, 2009). Posteriormente, selecionadas as componentes principais, foram destacadas as variáveis que apresentaram coeficientes de correlação maior ou igual a 0,7 e menor ou igual a -0,7 com as componentes, como realizados em outros estudos (ANDRADE *et al.*, 2003; ANDRADE *et al.*, 2005; GIRÃO *et al.*, 2007; LOPES *et al.*, 2009).

Empregou-se também a análise de comunalidade, que é a estimativa da variância compartilhada, ou em comum, entre as variáveis representadas pelos fatores obtidos (ANDRADE *et al.*, 2005), variando entre 0 e 1. Desse modo, quanto mais próximas de um estiverem as comunalidades, melhor ajustado estará o modelo (MONTEIRO; PINHEIRO, 2004).

RESULTADOS

Na Tabela 1, verificam-se em destaque as variáveis analisadas que apresentaram correlação igual ou acima de 0,7, conforme sugere Hair Junior *et al.*, 2009.

Com relação à aplicação dos componentes principais, conforme descrito na metodologia, um modelo com os quatro primeiros componentes foi adequado para representar pelo menos 70% da variância acumulada. Na Tabela 2, verifica-se a contribuição de cada variável com

Tabela 1 - Matriz de Correlação (coeficientes de correlação de Pearson) entre as variáveis de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Jucu

Table 1 - Correlation Matrix (Pearson correlation coefficients) between the variables for water quality in the Jucu River Watershed

	CE	Clorof	Surf	SD	NH ₃	N(kj)	NO ₃	NO ₂	DQO	DBO	P tot	OD	ST	Turb	pH	Colif
CE	1,00															
Clorof	0,09	1,00														
Surf	0,30	-0,31	1,00													
SD	0,78	0,01	0,27	1,00												
NH ₃	0,59	-0,18	0,26	0,36	1,00											
N(kj)	0,70	-0,05	0,45	0,43	0,90	1,00										
NO ₃	-0,40	-0,25	-0,14	-0,21	-0,38	-0,44	1,00									
NO ₂	-0,07	-0,06	0,43	0,01	0,02	0,06	0,16	1,00								
DQO	0,58	-0,16	0,33	0,35	0,85	0,84	-0,49	0,14	1,00							
DBO	0,71	-0,06	0,27	0,45	0,92	0,94	-0,43	-0,07	0,84	1,00						
P tot	0,38	-0,01	0,34	0,22	0,47	0,55	-0,31	0,16	0,50	0,59	1,00					
OD	-0,47	-0,04	-0,52	-0,31	-0,55	-0,67	0,47	-0,46	-0,70	-0,54	-0,64	1,00				
ST	0,60	0,01	0,18	0,93	0,23	0,32	-0,12	-0,05	0,21	0,36	0,26	-0,18	1,00			
Turb	0,12	0,01	0,17	0,07	0,30	0,15	-0,07	0,30	0,35	0,16	0,33	-0,36	-0,03	1,00		
pH	-0,06	0,14	-0,32	0,00	-0,06	-0,12	0,14	-0,33	-0,11	0,00	-0,12	0,48	0,09	0,10	1,00	
Colif	0,39	-0,17	0,13	0,28	0,87	0,67	-0,23	-0,08	0,60	0,71	0,24	-0,27	0,16	0,17	-0,01	1,00

Tabela 2 - Matriz das cargas fatoriais rotacionadas pelo algoritmo Varimax nos quatro componentes principais, comunalidades associadas, autovalores e variância unitária das variáveis de qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio Jucu

Table 2 - Matrix of the Varimax-rotated factor loadings for the four main components, the associated commonalities, eigenvalues and unit variance of the variables for water quality in the Jucu River Watershed

Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Comunalidades
N(NH ₃)	0,950	0,032	0,122	0,098	0,987
DBO	0,910	-0,028	0,230	-0,002	0,972
N(kj)	0,901	0,063	0,197	-0,051	0,976
DQO	0,825	0,051	0,118	0,120	0,899
Coliformes totais	0,803	0,004	0,080	0,090	0,930
pH	-0,022	-0,969	0,042	-0,072	0,544
Sólidos totais	0,117	-0,065	0,975	0,004	0,971
Sól. Dissolvidos	0,230	0,021	0,950	-0,011	0,983
Clorofílaa	-0,097	-0,065	0,025	-0,972	0,698
Autovalores	6,55	2,17	1,72	1,38	-
Variância unitária (%)	40,94	13,58	10,78	8,65	-

*UFC: Unidades Formadoras de Colônia; * Colony Forming Units

correlação maior que 0,7 na formação dos componentes, das comunalidades, bem como da variância unitária de cada componente.

DISCUSSÃO

Observam-se, na Tabela 1, correlações altas e positivas entre as variáveis CE-SD (0,78), CE-DBO (0,71) e CE-Mg (0,94). Os resultados podem estar relacionados aos despejos de efluentes industriais enriquecidos com sais no curso hídrico em questão e à perda de solo da Bacia Hidrográfica. Para Campello *et al.* (2005), os lançamentos de esgoto doméstico e resíduos provenientes da pecuária contribuem para altos valores de DBO, como constatou-se na correlação significativa de CE-DBO e (0,71).

Além disso, em ambientes aquáticos de regiões tropicais, a condutividade elétrica relaciona-se mais à composição geoquímica e às condições de seca e chuva do que com o estado trófico (ESTEVEZ, 2011), como verificado na correlação CE-Mg (0,94). Carvalho *et al.* (2000) explicam que a condutividade da água aumenta à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, coerente com o presenciado CE-SD (0,78). O uso do solo na Bacia do Rio Jucu é majoritariamente agropecuário, entretanto as várias pequenas indústrias situadas na bacia estão localizadas principalmente em Viana, Cariacica e Vila Velha, regiões urbanizadas e antropizadas (IEMA, 2010), onde encontravam-se alguns pontos de monitoramento do estudo.

McNeil *et al.* (2005), avaliando as características químicas da água e sua variação espacial na Austrália, identificaram que o sódio é o principal cátion presente nas águas, sendo a localização geográfica o principal agravante, ou seja, corpos hídricos mais próximos ao litoral podem apresentar valores de sais dissolvidos maiores em razão da intrusão salina pelos ventos (VON SPERLING, 2005).

Destaca-se, ainda, a correlação significativa e positiva entre $\text{NH}_3\text{-N(kj)}$ (0,90), $\text{NH}_3\text{-DQO}$ (0,85), $\text{NH}_3\text{-DBO}$ (0,92) e $\text{NH}_3\text{-Colif}$ (0,87). O Nitrogênio Kjeldahl (kj) é uma das formas de se quantificar a série do nitrogênio, explicando a correlação entre amônia (NH_3) e Nitrogênio Kjeldahl (Nkj). Quanto às demais variáveis ($\text{NH}_3\text{-DQO}$, $\text{NH}_3\text{-DBO}$ e $\text{NH}_3\text{-Colif}$), Von Sperling (2005) explica que o nitrogênio amoniacal pode ter origem antropogênicas, tais como despejos domésticos, industriais, excrementos de animais e fertilizantes, justificando a relação direta entre o aumento da Demanda Química e Bioquímica de Oxigênio, bem como de coliformes termotolerantes e desta forma de Azoto. A afirmação anterior também pode ser apreciada na correlação entre DBO-Colif (0,71) e N(kj)-DQO (0,84) e N(kj)-DBO (0,94) com as mesmas argumentações já apresentadas.

A DBO representa a quantidade de oxigênio necessária à oxidação da matéria orgânica por ação de bactérias aeróbias,

haja vista a correlação DBO-OD (-0,71) inversamente proporcional. A DQO, por sua vez, explicita a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica e inorgânica por meio de reações químicas, corroborando com a correlação significativa entre DQO-DBO (0,84).

Ao se analisar a aplicação dos componentes principais, por meio da Tabela 2, observa-se que as dezesseis variáveis podem ser representadas em nove fatores de qualidade de água, sem que haja perda significativa de informação. A aplicação dos componentes principais é uma boa estratégia para reduzir a quantidade de variáveis que normalmente são monitoradas (ANDRADE *et al.*, 2005; ANDRADE *et al.*, 2007b; ANDRADE *et al.*, 2007a; BRITO *et al.*, 2006; GIRÃO *et al.*, 2007; MOURA *et al.*, 2010). Essa redução das variáveis no monitoramento da qualidade da água, além de reduzir custos, torna o monitoramento mais eficaz para identificar os processos de contaminação da água na Bacia do Rio Jucu.

Os quatro primeiros componentes foram suficientes para explicar 73,95% da variância total das dezesseis variáveis analisadas pela ACP. Verifica-se que a primeira componente explicou 40,94%, a segunda 13,58%, a terceira 10,78% e a quarta 8,65% da variância total dos dados. Resultados semelhantes foram encontrados quanto aos fatores antrópicos e naturais que determinam a qualidade das águas superficiais na Bacia do Baixo Acaraú, no estado do Ceará, Brasil (ANDRADE *et al.*, 2007a). Em outro estudo, realizado em uma floresta natural situada no município de São Francisco de Paula no Rio Grande do Sul, foi possível explicar 61% da variância com apenas dois componentes (CAMPELLO *et al.*, 2005). Da mesma forma, Haase e Possolli (1993) obtiveram um modelo com dois componentes capazes de explicar 79% dos dados de qualidade de água, comparando dois regimes hidrológicos diferentes sujeitos a influências antrópicas diferentes.

As comunalidades foram altas para as variáveis apresentadas, exceto pH, assim, a maior parte da variância para cada uma das variáveis foi explicada pelos quatro componentes comuns (Tabela 2).

No fator 1, destacam-se altas correlações formadas pelas variáveis $\text{N(NH}_3)$ (0,95), DBO (0,91), N(kj) (0,901), DQO (0,825) e Coliformes totais (0,803), caracterizado-o como “fator orgânico” por expressar maior associação às variáveis indicadoras de enriquecimento por cargas orgânicas. Essas variáveis são concernentes à poluição das águas, principalmente por despejos de cargas predominantemente orgânicas, como efluentes domésticos *in natura* e industriais, elucidada Von Sperling (2005). Tal fato pode ser observado na variável coliformes termotolerantes, que são indicadores de possível presença de microrganismos patogênicos na água. Os coliformes fecais existem em grande quantidade nas fezes de animais endotérmicos, como mamíferos e aves e, quando encontrados na água, podem indicar o recebimento de efluentes domésticos ou de criação de

animais (AGUAHESP, 2010). Silva (2009) exemplifica esses problemas e observa que isso ocorre com a maioria dos rios que cruzam as cidades, pois foram transformados em cloacas e servem para lançamento de resíduos sólidos ou líquidos.

No fator 2, apenas a variável pH apresentou forte correlação negativa (-0,969). Esse fator pode ser denominado como “fator acidez”, possivelmente relacionado à acidez dos solos da Bacia Hidrográfica e lançamentos de efluentes. Estudos comprovam que a variação do pH pode ser considerada um fator sazonal preponderante, representado pela variação na pluviosidade (ALMEIDA; SCHWARZBOLD, 2003), pois, em bacias fortemente antropizadas, enquanto se estende o período de seca, a concentração das variáveis no corpo d’água aumenta consideravelmente. Em estudos no sul do Brasil, Almeida e Schwarzbald (2003) encontraram na primeira componente as variáveis cloretos e alcalinidade e atribuíram esse aumento às atividades industriais próximas às estações de coleta. Essas variáveis podem representar indicadores geoquímicos e físico-químicos (MOURA *et al.*, 2010).

No fator 3, correlacionaram-se positivamente as variáveis sólidos totais (0,975) e sólidos dissolvidos (0,950), caracterizado como “fator sólidos”. Estudos realizados no estado do Ceará encontraram valores próximos aos observados para seu primeiro fator e afirmam que essa maior carga de sólidos, possivelmente, tem origem no escoamento superficial das áreas agrícolas e nos depósitos de resíduos sólidos localizados próximos aos cursos d’água (ANDRADE *et al.*, 2007a).

O transporte de sedimentos, refletido nas variáveis cor, turbidez, sólidos suspensos e pH, foi evidenciado no terceiro fator por outros autores, caracterizando o escoamento superficial das áreas agrícolas e do clima (ANDRADE *et*

al., 2007b). O fator “sólidos” foi evidenciado no segundo componente, possivelmente devido à maior precipitação durante as coletas (ALMEIDA; SCHWARZBOALD, 2003).

Quanto ao fator 4, denominado “Eutrofização”, representado pela variável clorofila-a (correlação -0,972), ocasionado pelas microalgas com pigmentos verdes, podem ser bioindicadores da qualidade das águas. A concentração de algas pode estar relacionada a elevados níveis de nutrientes. Outros fatores, como temperatura, profundidade, pH e alcalinidade, também influem nas espécies e no número de algas encontradas nos lagos.

CONCLUSÕES

Os principais fatores que caracterizam a qualidade das águas da Bacia Hidrográfica do Rio Jucu são: orgânico, eutrofização relacionados aos despejos de efluentes orgânicos que são lançados *in natura* nos cursos d’água, acidez associado à acidez dos solos e dos efluentes e o fator sólidos concernente à perda de solos relacionada ao mau uso das áreas agrícolas ou à ausência das Áreas de Preservação Permanente (APP).

A redução de dezesseis para nove variáveis contribui para tornar mais eficaz, menos moroso e dispendioso a caracterização do processo de poluição da Bacia Hidrográfica estudada.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao laboratório de monitoramento de Recursos Hídricos do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do estado do Espírito Santo (IEMA), cujos dados foram gentilmente cedidos.

LITERATURA CIENTÍFICA CITADA

AGUAHESP GRUPO HÍDRICO E SANEAMENTO DE SÃO PAULO. Laboratório. Conheça os parâmetros de qualidade da água, 2009. Disponível em: <http://arquivososriosdobrasil.blogspot.com/2009/12/conheca-os-parametros-de-qualidade-da.html>. Acesso em: 01 de jun. 2010.

ALMEIDA, M. A. B.; SCHWARZBOLD, A. Avaliação sazonal da qualidade das águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um Índice de Qualidade de Água (IQA). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n. 1, p. 81-97, 2003.

ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen’s climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ANDRADE, E. M. de; ARAÚJO, L. F. P.; ROSA, M. F.; DISNEY, W.; ALVES, A. A. B. Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 3, p. 683-690, 2007a.

- ANDRADE, E. M. de; ARAÚJO, L. F. P.; ROSA, M. F.; GOMES, R. B.; LOBATO, F. A. O. Fatores determinantes da qualidade das águas superficiais na bacia do Alto Acaraú, Ceará, Brasil. **Ciência Rural**, v. 37, n. 6, 2007b.
- ANDRADE, E. M. de; PALÁCIO, H. A. Q.; CRISÓSTOMO, L. A.; SOUZA, I. H.; TEIXEIRA, A. S. Índice de qualidade de água, uma proposta para o vale do rio Trussu, Ceará. **Revista de Ciência Agronômica**, v. 36, n. 2, p. 135-142, 2005.
- ANDRADE, E. M. de; SILVEIRA, S. S.; AZEVEDO, B. M. de. Investigação da estrutura multivariada da evapotranspiração na Região Centro Sul do Ceará pela análise de componentes principais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n. 1, p. 39-44, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9898**: preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, 1987. 22 p.
- BRITO, L. T. de L.; SILVA, A. de S.; SRINIVASAN, V. S.; GALVÃO, C. de O.; GHEY, H. R. I. Uso de análise multivariada na classificação das fontes hídricas subterrâneas da bacia hidrográfica do Salitre. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 01, p. 36-44, 2006.
- CAMPELLO, F. D.; BRAGA, C. F.; GONÇALVES, C. V.; GONÇALVES, C. S.; FUHRO, D.; SANTOS JÚNIOR, J. E. dos; RODRIGUES, G. G.; GUERRA, T.; HARTZ, S. M. Avaliação preliminar da qualidade das águas da Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 3, n. 1, p. 09-46, 2005.
- CARVALHO, A. P.; MORAES NETO, J. M.; LIMA, V. L. A.; SILVA, D. G. K. C. Determinação espacial e temporal do IQA do açude Soledade em Soledade-Paraíba. **Engenharia Ambiental**, v. 8, n. 2, p. 138 -147, 2011.
- CARVALHO, A. P.; SCHLITTLER, F. H. M.; TORNISIELO, V. L. Relação da atividade agropecuária com parâmetros físico-químicos da água. **Química Nova**, v. 23, n. 5, 2000.
- CASARIN, R.; NEVES, S. M. A. S.; NEVES, R. J. Uso da terra e qualidade da água da bacia hidrográfica Paraguai / Jauquara-MT. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 2, n. 1, p. 33-42, 2008.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas de amostragem**. São Paulo: CETESB, 2008. (Série Relatórios. Apêndice A).
- 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: Editora Interciência, 2011. 826 p.
- GARCIA, G. O.; SOUZA, G. B.; PORTELLA, M. B. S. RIGO, M. M.; PAULA, H.; CARDOSO, M. de S. N. Caracterização do processo de contaminação das águas do Rio Cristal no município de Jerônimo Monteiro. **Engenharia Ambiental**, v. 8, n. 2, p. 243-251, 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 Agronômica**, v. 38, n. 1, p. 17-24, 2007.
- HAASE, J. POSSOLLI, S. Estudo da utilização da técnica de Análise Fatorial na elaboração de um índice de qualidade de água: comparação entre dois regimes hidrológicos diferentes. **Acta Limnológica Brasiliensia**, v. 6, n. 1, p. 245-255, 1993.
- HAIR JUNIOR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. Tradução de Adonai Schlup Sant'Anna e Anselmo Chaves Neto. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 688 p.
- INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **As Bacias Hidrográficas do Estado do Espírito Santo**. Disponível em: <http://www.iema.es.gov.br>. Acesso em: 18 fev. 2010.
- LOPES, F. B.; ANDRADE, E. M. de.; AQUINO, D. do N.; LOPES, J. F. B. Proposta de um índice de sustentabilidade do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, Ceará, Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 2, p. 185-193, 2009.
- McNEIL, V. H.; COX, M. E.; PRED, M. Assessment of chemical water types and their spatial variation using multi-stage cluster analysis, Queensland, Austrália. **Journal of Hydrology**, v. 310, p. 181-200, 2005.
- MENEZES, M. D.; JUNQUEIRA JUNIOR, J. A.; MELLO, C. R.; SILVA, A. M.; CURI, N.; MARQUES, J. J. Dinâmica hidrológica de duas nascentes, associada ao uso do solo, características pedológicas e atributos físicos-hídricos na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Lavrinha-Serra da Mantiqueira (MG). **Scientia Forestalis**, v. 37, n. 82, p. 175-184, 2009.

MOITA NETO, J. M.; MOITA, G. C. Uma introdução à análise exploratória de dados multivariados. **Química Nova**, v. 21, n. 4, 1998.

MONTEIRO, V. P.; PINHEIRO, J. C. V. Critério para implantação de tecnologias de suprimentos de água potável em municípios cearenses afetados pelo alto teor de sal. **Revista Economia Rural**, v. 42, n. 02, p. 365-387, 2004.

MOURA, L. H. A.; BOAVENTURA, G. R.; PINELLI, M. P. A qualidade de água como indicador de uso e ocupação do solo: bacia do Gama – Distrito Federal. **Química Nova**, v. 33, n. 1, p. 97-103, 2010.

POMPEU, P. P.; ALVES, M. C. B.; CALLISTO, M. The effects of urbanization on biodiversity and water quality in the Rio das Velhas Basin, Brazil. **American Fisheries Society**, 2004. (In press).

SILVA, A. P. **Comitês de Bacias Hidrográfica dos Rios Jucu e Santa Maria da Vitória**. Documento Agenda das Bacias Estratégicas Rios Jucu e Santa Maria da Vitória. Instituto Ecobacia e Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA). ES – 2009.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**: introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005. v. 1, 452 p.