



Avaliação do efeito sazonal na qualidade das águas superficiais do rio Jucu, Espírito Santo, Sudeste do Brasil

Evaluation of the seasonal effect on the quality of surface water of Jucu river, Espírito Santo, southeastern Brazil

Rodrigo Pratte-Santos¹ 

Vilma Reis Terra² 

Romildo Rocha Azevedo Junior³ 

Resumo

A situação ambiental no Estado do Espírito Santo é grave e os principais rios que abastecem a região metropolitana estão abaixo do limite crítico. A pior estiagem do Estado em 80 anos tem causado problemas no abastecimento, além de prejuízos na agricultura e agropecuária. Um dos agravos para a qualidade de águas superficiais é a sazonalidade das variáveis ambientais, tal como a precipitação. Diversos municípios estão em situação crítica ocasionada pela falta de água, inclusive a capital Vitória. Essa é a primeira vez que a capital passa por racionamento de água. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito sazonal na qualidade das águas superficiais de um importante rio no Sudeste do Brasil, a fim de garantir água em quantidade e qualidade satisfatória às futuras gerações. Coletaram-se amostras de água em 6 sítios durante 1 ano, compreendendo os períodos seco e chuvoso, sendo determinadas 10 variáveis físico-químicas e microbiológicas. Análises estatísticas indicaram demanda por oxigênio e compostos nitrogenados como importantes para se avaliar a influência da sazonalidade. Não se observou diferença significativa entre os períodos seco e chuvoso para IQA, entretanto diversos parâmetros ficaram fora dos limites estabelecidos pelo CONAMA. O fator sazonalidade contribuiu para o agravamento na qualidade da água..

Palavras-chave: Qualidade de água. Sazonalidade. Monitoramento.

Abstract

The environmental situation in the state of Espírito Santo is serious and major rivers that supply the metropolitan region of the state are below the critical threshold. The worst drought in 80 years has caused problems in supply, as well as losses in agriculture and farming. Water quality can also be affected by environmental and human factors. An agravos to the quality of surface water is the seasonality of environmental variables, such as precipitation. Several towns are in critical situation caused by the lack

¹ Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo, Brasil. rodrigopratte@hotmail.com
Faculdade PIO XII, Cariacica, Espírito Santo, Brasil.

² Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo, Brasil. terravilma@gmail.com

³ Universidade Vila Velha, Vila Velha, Espírito Santo, Brasil. romildoazevedo@hotmail.com

Artigo recebido em: 27/01/2017. Aceito para publicação em: 03/12/2018.

of water, including the Vitória capital. This is the first time that the capital goes through water rationing. Thus, the aim of this study was to evaluate the seasonal effect on the quality of surface waters of an important river in southeastern Brazil, to ensure water quantity and satisfactory quality for future generations. Water samples were collected at 6 sites during 1 year, comprising the dry and rainy periods, evaluated 10 physicochemical and microbiological variables. Statistical analysis indicated variables related to demand for oxygen and nitrogen compounds as important to evaluate the influence of seasonality. There was no significant difference between the dry and rainy periods for the WQI, but many parameters were outside the limits set by CONAMA. The seasonality factor and its impact on diffuse sources contributed to decline in water quality.

Keywords: Water quality. Seasonality. Monitoring.

Introdução

A poluição dos recursos hídricos, proveniente principalmente do aumento populacional, desenvolvimento industrial e uso indiscriminado de agrotóxicos, vêm contribuindo drasticamente para a degradação dos corpos de água, o que compromete a qualidade de vida de diversos organismos, incluindo o ser humano. Fatores impactantes como a utilização excessiva dos recursos hídricos, o desmatamento em áreas protegidas e a introdução de substâncias tóxicas nos ecossistemas aquáticos vêm despertando o interesse de monitoramentos para avaliar e manter a qualidade das águas superficiais, tendo em vista que estas ações são de fundamental importância para a saúde pública e desenvolvimento das comunidades (Ahipathy e Puttaiah, 2006; Marques *et al.*, 2007; Rörig *et al.*, 2007).

A qualidade da água pode ser caracterizada por diversos parâmetros, dentre eles estão os físicos, os químicos e os biológicos. Um dos agravos dessa caracterização, para águas superficiais, é sua variação de acordo com as variáveis ambientais, dentre as quais, a precipitação é uma das principais, uma vez que influencia sua quantidade. Krupek e colaboradores (2008) relataram que os estudos que visam buscar padrões de flutuação de parâmetros limnológicos em ecossistemas aquáticos lóticos têm sido abordados com diferentes focos, tais como: nictimeral (Necchi Jr. *et al.*,

1996), longitudinal (Branco e Necchi Jr., 1997), espacial (Necchi Jr. *et al.*, 2000; Smith e Petrere, 2000) e temporal (Necchi Jr. *et al.*, 1996; Necchi Jr. *et al.*, 2000), entretanto, aspectos relacionados a padrões de variação sazonal de parâmetros físicos e químicos de rios e riachos são raramente estudados. Essas investigações são importantes, principalmente se desenvolvidas em diferentes regiões, para que se conheçam tais ambientes e possibilite comparações de padrões na flutuação sazonal de variáveis específicas em diferentes gradientes regionais (Ouyang *et al.*, 2006).

De acordo com Melo *et al.* (2009), outro fator de relevância no monitoramento é a identificação de fontes pontuais e difusas de poluição, uma vez que essa informação é fundamental às ações de gerenciamento ambiental e à adoção de políticas públicas que visem manter a qualidade do corpo d'água.

A situação ambiental no Estado do Espírito Santo é grave e atualmente os dois principais rios que abastecem a região metropolitana do Estado - rio Santa Maria da Vitória e rio Jucu - estão abaixo do limite considerado crítico, de acordo com o relatório diário da Agência Estadual de Recursos Hídricos. A pior estiagem no Espírito Santo em 80 anos tem causado problemas no abastecimento, além de prejuízos na agricultura e na agropecuária. Atualmente, diversos municípios estão em situação extremamente crítica ocasionada pela falta de água. O racionamento de água foi iniciado em 58 bairros da região metropolitana, inclusive na capital do Espírito Santo, Vitória. Essa é a primeira vez, na história do Estado, que a capital passa por racionamento de água. Além disso, é inquestionável a relevância do rio avaliado nesse estudo para o abastecimento de água no Estado, pois, em conjunto com o rio Santa Maria da Vitória, o rio Jucu é responsável pelo abastecimento hídrico da região metropolitana, a qual abriga aproximadamente 50% da população do Estado. Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito sazonal na qualidade das águas

superficiais de um importante rio no Sudeste do Brasil, a fim de garantir água em quantidade e qualidade satisfatória às futuras gerações.

Material e Métodos

Área de Estudo

A área da região hidrográfica do rio Jucu abrange uma superfície de 2.032 km² e nela estão situados, integralmente, os territórios dos municípios de Marechal Floriano, Domingos Martins, Viana e Vila Velha, e parcialmente os de Cariacica e Guarapari.

O rio Jucu, com o nome de Jucu braço norte, nasce na serra do Castelo, no município de Domingos Martins. O curso principal do rio se desenvolve numa extensão de 166 km, sendo 123 km correspondente ao trecho conhecido como braço norte, até desaguar na praia de Barra do Jucu, no município de Vila Velha (Iema, 2014).

A sede do município de Domingos Martins (20°18.30" de latitude Sul e 40°43.30" de longitude Oeste), a 542 metros de altitude, está a 43 km de Vitória, capital do Estado. A área geográfica do município é de aproximadamente 1.232 km². Todo o município possui um relevo acidentado, montanhoso, que faz parte da chamada "zona serrana do centro", região do Estado formada por terras altas, montanhosas e "frias", localizadas ao sul do rio Doce. Isso justifica, em grande parte, o fato do município se destacar no desenvolvimento do turismo de montanha, na agropecuária e em aspectos culturais (Iema, 2014).

É uma região que apresenta predominância de Latossolos - solos profundos e bem drenados. O relevo martinense é acidentado e, em função da altitude, tem a seguinte distribuição aproximada: 10% estão abaixo de 500 m, 35% de 500 a 800 m, 30% de 800 a 1000 m e 25% acima de 1000 m. Isso quer dizer que 90% das terras estão em altitudes superiores a 500 m. Em razão disto, apresenta um clima tropical de altitude, com temperaturas

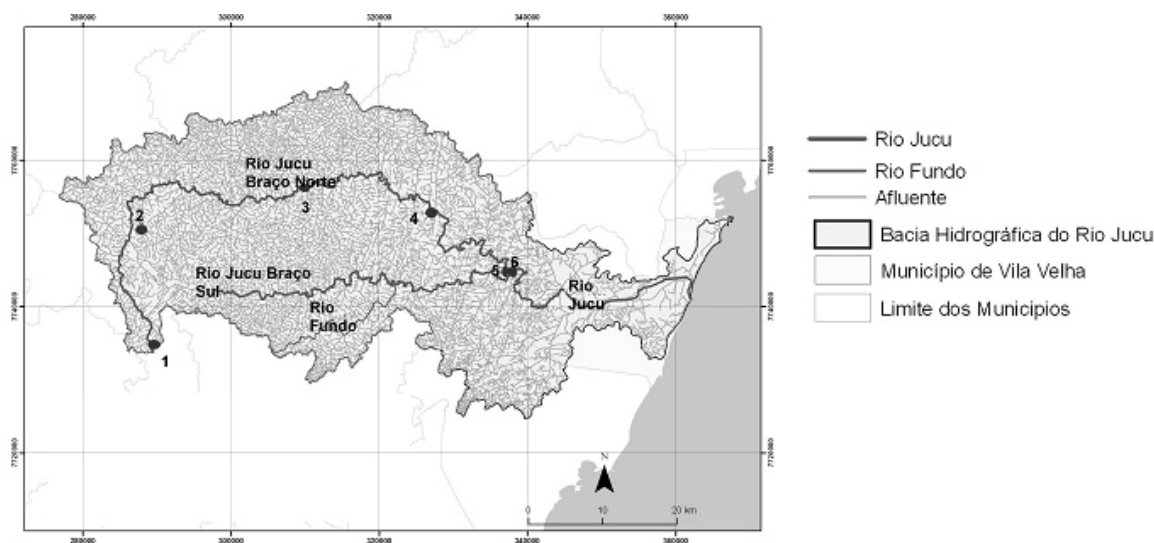
mais amenas durante o ano. Segundo a classificação de Köppen, a fórmula climática é Cwb, ou seja, clima temperado, com período de temperaturas médias inferiores a 18°C, porém superiores a 10°C, com duas estações bem definidas: a chuvosa, no verão (de outubro a março), e a seca, no inverno (de abril a setembro). Há a ocorrência de precipitações pluviométricas principalmente nos meses de outubro a abril. A média anual no período de 1976 a 2006 foi de 1366 mm (Nóbrega *et al.*, 2008).

Com relação à vegetação, o que restou da mata atlântica e as capoeiras cobrem cerca de 20% da área do município. O restante é formado principalmente por pastagens, plantio de café, culturas temporárias (milho, feijão, etc.) e pelo plantio de pinheiros e eucaliptos.

Sítios de amostragem e análise dos parâmetros

Para a execução das análises, foram selecionados cinco pontos de coleta de amostras de água no rio Jucu Braço Norte e mais um ponto depois de seu encontro com o rio Jucu braço sul (Mapa 1). As descrições dos pontos estão dispostas a seguir: 1 - ponto referente à nascente do rio Jucu braço norte (rio dos Cavalos), localizado em Aracê, município de Domingos Martins; 2 - Ponto próximo à ponte localizada na ES-165, caminho para Afonso Cláudio. Aproximadamente a 6 km da Br 262 (atividade agrícola); 3 - Zona rural de Ponto Alto (próximo à cidade de Paraju) (atividades de avicultura, suinocultura e agrícola); 4 - Antes de Campinho/Domingos Martins. Após a região de Melgaço (atividade agropecuária); 5 - Aproximadamente 500m à montante da confluência dos braços norte e sul do rio Jucu (atividade agropecuária); 6 - Localizado à jusante, a aproximados, 800 metros da confluência dos braços norte e sul do rio Jucu (atividade agropecuária).

As amostragens de água foram realizadas bimestralmente em seis campanhas distintas no período de Agosto/2007 a Junho/2008, obedecendo o critério de sazonalidade (períodos seco e chuvoso).

Mapa 1 - Pontos de amostragem para o monitoramento no Rio Jucu Braço Norte.

A metodologia utilizada para determinação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos foi seguindo as normas da American Public Health Association (APHA, 2005). *In situ*, foram determinados: transparência, com disco de Sech; pH, com o uso de um pHmetro portátil Quimis, modelo Q-400 HM; condutividade, Oxigênio Dissolvido (OD), salinidade e medições de temperatura, com o uso de um aparelho multiparâmetro YSI, modelo 85/100 FT. Para os demais parâmetros: demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), fósforo total, nitrogênio total, sólidos totais, turbidez e coliformes termotolerantes, as amostras foram coletadas na subsuperfície do rio, acondicionadas em frascos apropriados e mantidas em caixas de isopor, com gelo, a 4°C. As análises foram realizadas em triplicata.

O cálculo do IQA se deu mediante uso de nove parâmetros pré-definidos, sendo atribuído um peso relativo para cada um deles, mediante a seguinte equação:

$$IQA = \pi q_i^{w_i} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: q_i representa a qualidade do parâmetro i obtido através da curva média específica de qualidade e w_i , o peso atribuído ao parâmetro (CETESB, 2014).

Para análise estatística inferencial, foi utilizado o teste de t para comparativo dos diversos parâmetros entre períodos seco e chuvoso. A fim de considerar simultaneamente todas as informações obtidas pelos vários parâmetros medidos, foi realizada uma regressão logística para que se discutir a relação entre esses parâmetros e a sazonalidade, classificada neste estudo como período seco e chuvoso. O software utilizado foi o SPSS®15.0 e o nível de significância adotado foi 5%. Quando necessário, fez-se uso de transformação de dados para normalizá-los ou para homogeneizar variâncias a fim de satisfazer os pressupostos do teste, mas, para apresentação, os dados estão expressos em seu formato original.

Resultados e Discussão

Diversos estudos na área limnológica vêm utilizando análises multivariadas com o objetivo de integrar o amplo leque de variáveis levantadas. Um desses estudos, o de Singh *et al.* (2004), aborda a aplicação de técnicas multivariadas na avaliação de variações sazonais e espaciais na qualidade da água.

A fim de se perceber a relação entre a variabilidade temporal (período seco e chuvoso) e parâmetros físico-químicos e biológicos levantados, aplicou-se uma regressão logística (Tabela 1). A partir dos coeficientes gerados nessa análise, conclui-se que o melhor modelo foi obtido quando haviam sido incluídas as variáveis nitrato, temperatura e turbidez, uma vez que, somente essas três variáveis trouxeram boa explicabilidade ao modelo, sendo, no presente caso, como as de maior relevância na caracterização da variabilidade temporal. A análise ainda sinaliza que, além dessas três variáveis, nitrogênio amoniacal e DQO devem ser levados em consideração

na avaliação da variabilidade temporal. Os demais parâmetros não entraram no modelo por terem sido apresentado com baixo poder de explicação. É possível inferir também que, para os parâmetros nitrato, turbidez e DQO existem uma correlação inversa entre ocorrência e probabilidade de período chuvoso, tendo em vista que o coeficiente foi negativo.

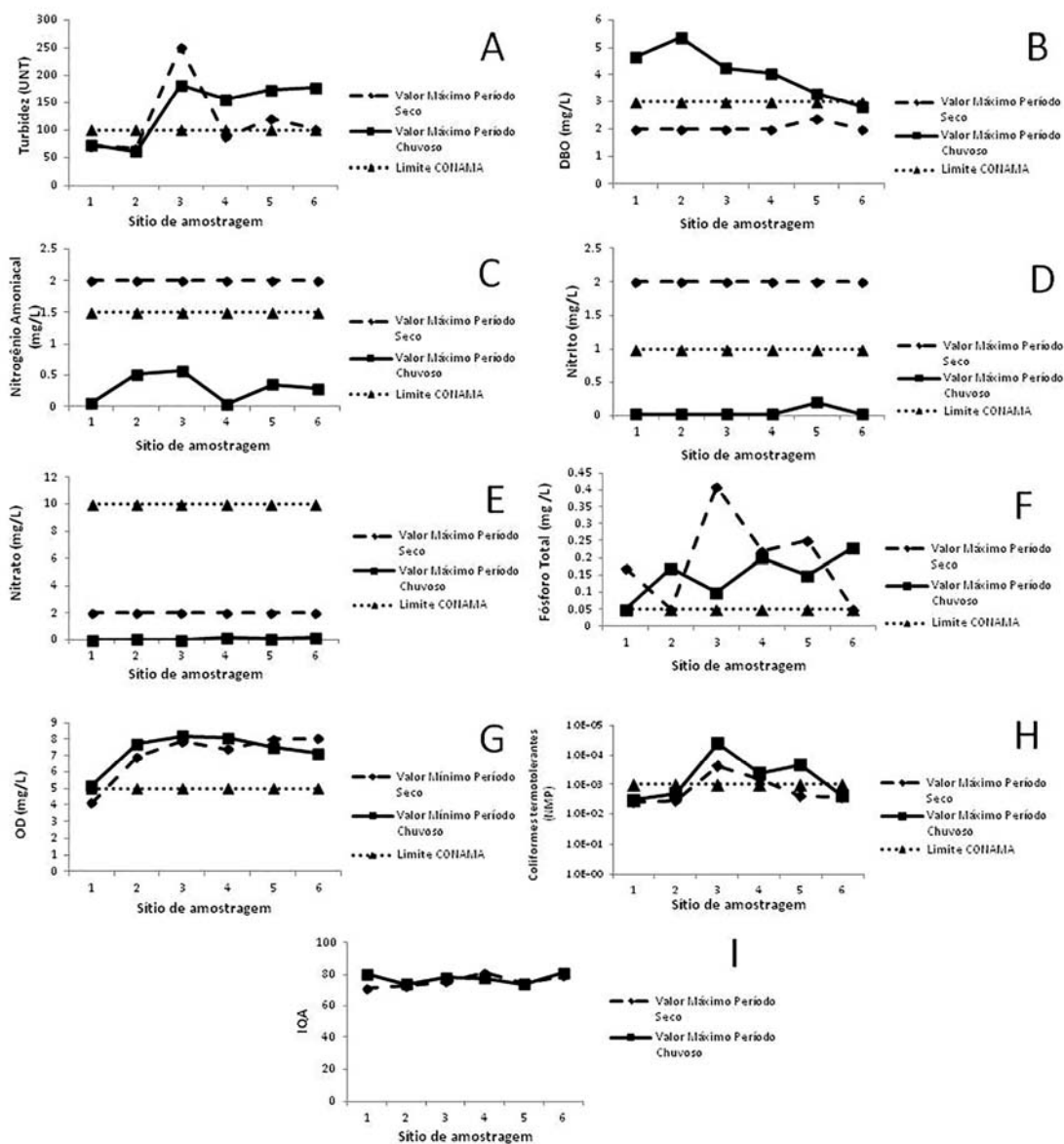
Tabela 1. Regressão logística e resultados do Teste de Wald.

| Passo | Parâmetro | Sinal do Coeficiente | Wald | p-valor |
|-------|-------------|----------------------|--------|---------|
| 1 | Nitrato | - | 2,4788 | 0,1154 |
| | Constante | | 3,3631 | 0,0667 |
| | Temperatura | + | 5,5555 | 0,0184 |
| 2 | Nitrato | - | 5,7507 | 0,0165 |
| | Constante | | 5,3527 | 0,0207 |
| | Turbidez | - | 3,8311 | 0,0503 |
| 3 | Temperatura | + | 6,2871 | 0,0122 |
| | Nitrato | - | 4,1913 | 0,0406 |
| | Constante | | 5,6737 | 0,0172 |

Para o nitrato, conclui-se que deve haver um aporte regular deste íon nos diferentes períodos sazonais para o manancial, que, com um maior volume de água oriundo do regime de chuvas, torna-se mais diluído. Esse aporte regular pode ser atribuído a dois aspectos principais: alta agregação dos solos da região e ao fato da menor ocupação habitacional, na região da bacia, reduzir o impacto de ações antrópicas, que levariam a um maior carregamento de partículas.

Outro parâmetro altamente correlacionado à temporalidade (Cunha *et al.*, 2010) é a turbidez. Quando se observam os valores máximos obtidos (Figura 1A), verifica-se extrapolação dos limites a partir do ponto 3 e, mais contundentemente, no período chuvoso, o que é devido provavelmente ao efeito de carregamento.

Figura 1 - Limite estabelecido pelo CONAMA, valor máximo nos períodos seco e chuvoso para: A) Turbidez; B) DBO; C) Nitrogênio amoniacal; D) Nitrito; E) Nitrato; F) Fósforo total G) oxigênio dissolvido; H) Coliformes termotolerantes e I) IQA.



O CONAMA não especifica valores para a demanda química de oxigênio (DQO), porém Ouyang *et al.* (2006) ressaltam a relevância desse parâmetro para análise da sazonalidade, quando concluem que, enquanto a maioria dos parâmetros é de relevância para avaliar a qualidade da água em uma ou outra estação, DQO e condutividade elétrica são importantes em

todas as estações do ano avaliadas no estudo conduzido por esses autores. No período chuvoso, observa-se diluição de materiais orgânicos no corpo d'água, o que diminuiria a DQO, mas o processo de lixiviação de material orgânico pode estar associado, gerando um aumento desse parâmetro, como ocorreu no presente estudo (Zimmermann *et al.*, 2008). Comportamento semelhante foi obtido por Terra *et al.* (2009), em campanhas realizadas, no braço sul desse mesmo manancial. Melo *et al.* (2009) relatam o poder discriminante da DQO no período chuvoso, uma vez que ela pode indicar a influência de espécies lixiviadas, efluentes domésticos e águas de escoamento superficial.

Dessa forma, os valores encontrados no estudo da relação entre a variabilidade temporal e os parâmetros físico-químicos e biológicos permitiram avaliar que: compostos nitrogenados, bem como os parâmetros relacionados à decomposição do oxigênio, além da temperatura são os que possuem maior influência na caracterização entre período seco e chuvoso.

Resultados mais elevados para DBO, no período chuvoso, podem estar relacionados ao maior aporte de matéria orgânica nesse período, conforme proposto por Terra *et al.* (2009). Silva e Felisberto (2010), em seu trabalho na bacia do rio Descoberto, no Brasil Central, também relatam a influência das diferentes estações do ano nos resultados da DBO. Já nos resultados obtidos por Jordão *et al.* (2005), no rio Ubá, em Minas Gerais, os valores para DBO foram mais elevados que os obtidos para o rio Vermelho Novo, devido ao lançamento de esgoto sem tratamento prévio no primeiro. Esses autores encontraram valores mais elevados para o rio Ubá, na faixa de 1,1 a 15,8 mg L⁻¹, em média, do que resultados encontrados em mananciais do estado de São Paulo, como os rios Jundiaí-Mirim e Corumbataí, que cortam regiões industrializadas. Comparando os resultados encontrados por Jordão *et al.* (2005) com os encontrados no presente estudo, percebe-se que, para o Jucu braço norte, no geral, os valores médios foram mais baixo e mais regulares, tanto no período seco como no chuvoso, mas que os valores

máximos encontrados extrapolaram, na grande maioria dos pontos, o limite estabelecido pelo CONAMA (Figura 1B). O ponto 6 é único em que esse fato não se verifica, o que pode ser atribuído ao efeito de diluição, uma vez que este ponto está situado logo após a confluência entre os dois braços do rio Jucu. Assim, a partir da análise dos resultados obtidos para o parâmetro DBO, verifica-se que algumas influências antrópicas como atividades agropecuárias e degradação da mata ciliar levam a um carreamento de substâncias, de forma que os índices desse parâmetro tornam-se mais elevados que o preconizado pela legislação em diversos pontos, porém não tão elevados que tenham comprometido, sobremaneira, a qualidade da água nesse trecho do rio.

Para os parâmetros nitrogênio amoniacal e nitrito, o comportamento foi bem similar: a concentração média foi maior no período seco, em comparação ao chuvoso e, ao se observarem esses valores médios, tão somente, não houve extrapolação dos limites do CONAMA (Brasil, 2005), porém, quando se considera o valor máximo obtido em cada ponto, percebe-se que o limite CONAMA (Brasil, 2005) é extrapolado em todos os pontos no período seco, mas não o é, no período chuvoso, considerando-se aplicada aqui a mesma hipótese de diluição discutida para o nitrato.

O contrário do que se observou para nitrato, DQO e turbidez, na regressão logística, foi observado com relação à temperatura, pois, agora, o sinal positivo do coeficiente indica um aumento na probabilidade de temperaturas mais altas no período chuvoso. Assim, o aumento na temperatura ambiente, comum ao período chuvoso nessa região, altera as características da temperatura da água. Como a temperatura da água tem grande influência nos processos químicos e biológicos do manancial, terá grande responsabilidade no efeito da variabilidade temporal (Silveira, 2004).

A presença de coliformes termotolerantes indica contaminação por fezes e, conseqüentemente, por microrganismos patogênicos (Silva e Araújo, 2003). No presente caso, as concentrações de coliformes termotolerantes

apresentaram-se bastante variadas ao longo de todo o período de monitoramento. Em todos os pontos amostrados, foram encontrados indícios de contaminação (Figura 1H). No período chuvoso, as concentrações de coliformes foram mais elevadas, com média de 2038,5 NMP, provavelmente, devido ao despejo de excretas e de fontes difusas como o carreamento de materiais (Amaral *et al.*, 2003). No período seco, a média foi de 546,6 NMP. O ponto de amostragem 3, nos dois períodos, foi o que apresentou maior concentração de coliformes termotolerantes. Este ponto da amostragem, localizado em área rural do distrito de Paraju, Domingos Martins, está associado à presença de pocilgas e granjas avícolas. A variação obtida para coliformes termotolerantes, muito provavelmente, é devida a esse fato, que ainda pode afetar outros parâmetros como a turbidez, em que todos os valores encontrados para os outros pontos estão, na média, de acordo com a legislação para rios de classe 2 (100 UNT), com exceção do ponto 3, que, no período seco, apresentou média de 114,4 UNT. Por turbidez ser fortemente correlacionada com matéria orgânica, é fácil concluir que o aumento do teor de matéria orgânica, oriunda das granjas e pocilgas, esteja acarretando o aumento da turbidez neste ponto (Marques *et al.*, 2007).

Quando se fez a avaliação dos valores máximos obtidos de IQA em cada ponto de coleta, Figura 1I, verificou-se que, para todos os pontos, o nível da qualidade da água se estabeleceu como bom ou médio (Cetesb, 2014). Isso significa, em face do que foi apresentado e discutido até então, que o rio Jucu, em seu braço norte, apesar de receber cargas contaminantes, apresenta elevado grau de autodepuração, que pode ser atribuído ao perfil do rio, caudaloso e de corredeiras (Moretto e Nogueira, 2003).

Nota-se, de acordo com a Tabela 2, que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os períodos seco e chuvoso para o IQA, bem como para os seguintes parâmetros que o compõe: pH, turbidez, sólidos totais, fósforo total, oxigênio dissolvido e coliformes termotolerantes. Já as características temperatura e DBO apresentaram diferença significativa no

nível considerado, tendo, ambas, apresentado valores médios mais elevados no período chuvoso.

Tabela 2. IQA e parâmetros físico-químicos e microbiológicos que o compõem, de acordo com a sazonalidade (n=18).

| Parâmetro | Período | Média | Erro Padrão |
|--|---------|---------|-------------|
| pH | Seco | 6,85 | 0,14 |
| | Chuvoso | 6,87 | 0,17 |
| Turbidez (UNT) | Seco | 66,31 | 14,45 |
| | Chuvoso | 59,72 | 15,60 |
| Sólidos totais (mg L ⁻¹) | Seco | 165,39 | 27,53 |
| | Chuvoso | 229,94 | 49,48 |
| Temperatura (°C) | Seco | 19,88 | 0,72 |
| | Chuvoso | 22,77 | 0,66 |
| Fósforo total (mg L ⁻¹) | Seco | 0,09 | 0,02 |
| | Chuvoso | 0,08 | 0,02 |
| Nitrogênio total (mg L ⁻¹) | Seco | 2,16 | 0,67 |
| | Chuvoso | 0,37 | 0,09 |
| DBO (mg L ⁻¹) | Seco | 2,02 | 0,02 |
| | Chuvoso | 2,81 | 0,26 |
| OD (mg L ⁻¹) | Seco | 7,61 | 0,31 |
| | Chuvoso | 7,88 | 0,25 |
| Coliformes termotolerantes (UFC) | Seco | 546,56 | 242,54 |
| | Chuvoso | 2038,50 | 1320,27 |
| IQA | Seco | 68,26 | 2,65 |
| | Chuvoso | 68,27 | 2,40 |

Na Tabela 3, observa-se que, no conjunto dos parâmetros avaliados e que não compõem o IQA, um maior número de parâmetros apresentou diferença significativa no comparativo entre períodos seco e chuvoso. Foram eles: DQO, nitrato e nitrito. Para os demais parâmetros, a saber: condutividade elétrica, transparência, nitrogênio amoniacal e ferro total, não foram verificadas diferenças significativas.

Tabela 3. Valores dos parâmetros físico-químicos que não compõem o IQA, de acordo com a sazonalidade (n=18).

| Parâmetro | Período | Média | Erro Padrão |
|--|---------|-------|-------------|
| Condutividade elétrica (µS) | Seco | 71,92 | 7,52 |
| | Chuvoso | 72,26 | 6,73 |
| Transparência (cm) | Seco | 43,63 | 12,28 |
| | Chuvoso | 37,89 | 6,98 |
| DQO (mg L ⁻¹) | Seco | 34,22 | 7,30 |
| | Chuvoso | 48,11 | 7,25 |
| Nitrogênio amoniacal (mg L ⁻¹) | Seco | 0,74 | 0,22 |
| | Chuvoso | 0,32 | 0,10 |
| Nitrato (mg L ⁻¹) | Seco | 0,73 | 0,22 |
| | Chuvoso | 0,04 | 0,01 |
| Nitrito (mg L ⁻¹) | Seco | 0,68 | 0,23 |
| | Chuvoso | 0,03 | 0,01 |
| Fosfato (mg L ⁻¹) | Seco | 0,02 | < 0,00 |
| | Chuvoso | 0,10 | 0,06 |
| Ferro total (mg L ⁻¹) | Seco | 1,83 | 0,46 |
| | Chuvoso | 1,17 | 0,33 |

Considerações Finais

Conclui-se que o rio Jucu Braço Norte pode ser classificado como classe 2, de acordo com a legislação CONAMA 357/2005. Na comparação entre períodos seco e chuvoso, não houve diferença significativa para os valores de IQA, indicando regularidade nos valores do índice, independente da influência do aporte de águas pluviais. A utilização de um índice de qualidade de água, mesmo apresentando limitações, é imprescindível para o monitoramento da qualidade dos recursos hídricos devido aos baixos custos, bem como sua importância para a tomada de decisão em corpos d'água ainda pouco estudados, como o rio Jucu Braço Norte.

Com relação à presença de coliformes termotolerantes, os elevados valores encontrados, provavelmente decorrente de fontes de poluição pontuais, tornam a água inadequada para consumo direto, trazendo riscos para a saúde humana, animal e ambiental.

Dos parâmetros físico-químicos analisados nos períodos seco e chuvoso, evidenciou-se, valores significativamente mais elevados para temperatura da água, DBO e DQO, na época de maior pluviosidade. O comportamento dessas variáveis permite inferir que a maioria das fontes de poluição são difusas, uma vez que a concentração aumenta no período de maior pluviosidade. Este fato pode estar relacionado à deposição úmida, ao escoamento superficial agrícola, bem como à drenagem de águas pluviais.

Diferentemente dos parâmetros citados acima, os valores significativamente mais baixos, no período chuvoso, para os parâmetros nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal indicam a diluição como fator responsável.

Os resultados dessas análises, junto aos da regressão logística realizada, pontuaram a importância de variáveis físico-químicas relacionadas, principalmente, à demanda por oxigênio e aos compostos nitrogenados na avaliação da sazonalidade.

Assim, no rio Jucu braço norte, o fator sazonalidade e seu impacto sobre as fontes difusas contribuem significativamente para a queda da qualidade das águas desse manancial, de forma que o simples gerenciamento das fontes pontuais não solucionará os efeitos antrópicos ao qual este corpo aquático está sujeito. Dessa forma, apesar de atender padrões estabelecidos pelo CONAMA, percebe-se que há impacto ambiental nas águas do rio Jucu braço norte proveniente de atividade antrópica, justificando monitoramentos constantes da qualidade de suas águas, além da inclusão de bioindicadores, a fim de avaliar de forma mais abrangente a toxicidade dessas águas, pois ecossistemas aquáticos como os rios envolvem uma complexa interação da biota com o seu ambiente físico e químico.

Agradecimentos

À Universidade Vila Velha (UVV) pelo financiamento do projeto nº 08/2007.

Referências

- AHIPATHY, M. V.; PUTTAIAH, E. T. Ecological characteristics of Vrishabhavathy River in Bangalore (India). **Environ. Geol.**, v. 49, p. 1217-1222, 2006. <https://doi.org/10.1007/s00254-005-0166-0>
- AMARAL, L. A.; NADER FILHO, A.; ROSSI Jr, O. D.; FERREIRA, F. L. A.; BARROS, L. S. S. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. **Rev. Saúde Pública**, v. 37, n. 4, p. 510-514, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0034-89102003000400017>
- APHA-AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19th Edition. Washington, D.C.: Apha, 1155p.2005.
- BRANCO, L. H. Z.; NECCHI Jr., O. Variação longitudinal de parâmetros físicos e químicos em três rios pertencentes a diferentes bacias de drenagem na região noroeste do Estado de São Paulo. **Acta Limnol. Bras.**, v. 9, n. 1, p. 165-177, 1997
- BRASIL. CONAMA - **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução nº 357. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 17 abr. 2005.
- CETESB. IQA - **Índice de Qualidade da Água**. Net, Espírito Santo, mar. 2014. Disponível em: <<http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/02.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2014.
- CUNHA, D. G. F.; CALIJURI, M. C. Análise probabilística de ocorrência de incompatibilidade da qualidade da água com o enquadramento legal de sistemas aquáticos – estudo de caso do rio Pariquera-Açu (SP). **Eng. Sanit. Ambient.**, v. 15, n.4, p. 337-346, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522010000400006>
- IEMA, **Instituto Estadual do Meio Ambiente**. .Net, Espírito Santo, mar. 2014. Disponível em: <<http://www.meioambiente.es.gov.br>>. Acesso em: 20 mar. 2014 .
- JORDÃO, CP., PEREIRA, MG., MATOS, AT. e PEREIRA, JL. Influence of domestic and industrial waste discharges on water quality at Minas Gerais state, Brazil. **J. Braz. Chem. Soc.**, v. 16, n. 2, p. 241-250, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0103-50532005000200018>
- KRUPEK, R. A.; BRANCO, C. C. Z.; PERES, C. K. Variação sazonal de alguns parâmetros físicos e químicos em três rios pertencentes a uma bacia de drenagem na região centro-sul do Estado do Paraná, Sul do Brasil, **Acta Sci. Biol.**, v. 30, n. 4, p. 431-438, 2008.
- MARQUES, M. N.; COTRIM, M. B.; PIRES, M. A. F.; FILHO, O. B. Avaliação do impacto da agricultura em áreas de proteção ambiental, pertencentes à bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape, São Paulo. **Quim. Nova**, v. 30, n. 5, p. 1171-1178, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000500023>
- MELO, C. A.; MOREIRA, A. B.; BISINOTI, M. C. Perfil espacial e temporal de poluentes nas águas da represa municipal de São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil. **Quim. Nova**, v. 32, n. 6, p. 1436-1441, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000600014>
- MORETTO, E. M.; NOGUEIRA, M. G. Physical and chemical characteristics of Lavapés and Capivara rivers, tributaries of Barra Bonita Reservoir (São Paulo - Brazil). **Acta Limnol. Bras.**, v. 15, n. 1, p. 27-39, 2003.

- NECCHI Jr., O.; BRANCO, L. H. Z.; BRANCO, C. C. Z. Análise nictimeral e sazonal de algumas variáveis limnológicas em um riacho no noroeste do estado de São Paulo. **Acta Limnol. Bras.**, v. 8, p. 169-182, 1996.
- NECCHI Jr., O.; BRANCO, L. H. Z.; BRANCO, C. C. Z. Características limnológicas da bacia do Alto Rio São Francisco, Parque Nacional da Serra da Canastra, Minas Gerais. **Acta Limnol. Bras.**, v. 12, p. 11-22, 2000.
- NÓBREGA, N. E. F.; SILVA, J. G. F.; POSSE, S. C. P.; RAMOS, H. E. A. Classificação climática e balanço hídrico climatológico para a região produtora de morango em Domingos Martins - ES. In: XX Congresso Brasileiro de Fruticultura, 2008, Vitória - ES. **Anais do XX Congresso Brasileiro de Fruticultura**, 2008.
- OUYANG, Y.; NKEDI-KIZZA, P.; WU, Q. T.; SHINDE, D.; HUANG, C. H. Assessment of seasonal variations in surface water quality. **Water Res.**, v. 40, p. 3800-3810, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2006.08.030>
- RÖRIG, L.R.; TUNDISI, J. G.; SCHETTINI, C. A. F.; PEREIRA-FILHO, J.; MENEZES, J. T.; ALMEIDA, T. C. M.; URBAN, S. R.; RADETSKI, C.M.; SPERB, R. C.; STRAMOSK, C.A.; MACEDO, R. S.; CASTRO-SILVA, M.A.; PEREZ, J. A. A. From a water resource to a point pollution source: the daily journey of a coastal urban stream. **Braz. J. Biol.**, v. 67, n. 4, p. 597-609, 2007. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842007000400003>
- SILVA, R. C. A.; ARAUJO, T. M. Qualidade da água do manancial subterrâneo e áreas urbanas de Feira de Santana - BA. **Cienc. Saúde Colet.**, v. 8, n. 4, p. 1019-1028, 2003. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232003000400023>
- SILVA, W. J.; FELISBERTO, S. A. Serial discontinuity along the Descoberto River Basin, Central Brazil. **Acta Limnol. Bras.**, v. 22, n. 3, p.344-355, 2010. <https://doi.org/10.1590/S2179-975X2010000300011>
- SILVEIRA, M. P. **Aplicação do Biomonitoramento para Avaliação da Qualidade da Água em Rios.** (Publicação EMBRAPA). Jaguariúna, SP. 68p., 2004.
- 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 Res.**, v. 38, p. 3980-3992, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2004.06.011>
- SMITH, W. S.; PETRERE Jr., M. Caracterização limnológica da bacia de drenagem do rio Sorocaba, São Paulo, Brasil. **Acta Limnol. Bras.**, v. 12, p. 15-27, 2000.
- TERRA, V. R.; SANTOS-PRATTE, R.; AZEVEDO Jr., R. R.; ALIPRANDI, R. B.; BARCELOS, F. F.; BARBIERI, R. S.; MARBACH, P. A. S. Monitoramento do rio Jucu Braço Sul: Caracterização e avaliação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos. **Natureza on line**, v. 7, n. 1, p.5-11, 2009.
- ZIMMERMANN, M. C.; GUIMARÃES, M. O.; PERALTA-ZAMORA, P. G. Avaliação da qualidade do corpo hídrico do rio Tibagi na região de Ponta Grossa utilizando análise de componentes principais (PCA). **Quim. Nova**, v. 31, n. 7, p. 1727-1732, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422008000700025>



Este é um artigo de acesso aberto distribuído nos termos da Licença de Atribuição Creative Commons, que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.