

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

INTERFERÊNCIA DA VAZÃO NA CONCENTRAÇÃO DE ÍONS PRÓXIMO À FOZ DO RIO PARAÍBA DO SUL, RJ

*Carolina Ramos de Oliveira Nunes¹; Higor Lima da Silva Pré²; Gabriel da Glória Menezes³;
Vicente de Paulo dos Santos Oliveira⁴ & Thiago Moreira de Rezende Araújo⁵*

RESUMO - A vazão do rio Paraíba do Sul vem apresentando tendências negativas nas últimas décadas, sendo um dos fatores que provavelmente colaboram com o avanço do mar no território do município de São João da Barra, RJ e, conseqüentemente, com a salinização do rio. Nesse contexto, o presente trabalho avaliou a influência da vazão na concentração de íons próximo à foz desse corpo hídrico. Foram coletadas amostras em duas saídas de campo, a primeira no dia 25 setembro de 2018 e a segunda no dia 19 de fevereiro de 2019, em 5 pontos distintos, em condição de maré de sizígia. Os parâmetros analisados foram pH, condutividade e salinidade, por métodos eletroquímicos, os ânions (fluoreto, cloreto, nitrito, nitrato, brometo, fosfato e sulfato) e cátions (sódio, amônio, potássio, cálcio e magnésio), por cromatografia iônica, e bicarbonato, por titulação. Os testes realizados evidenciaram a importância da vazão para qualidade da água quando a diminuição da mesma promove um aumento significativo nas concentrações dos íons estudados a montante da foz do rio Paraíba do Sul.

ABSTRACT - Paraíba do Sul river flow has presented negative trends in the last decades, being one of the factors that probably collaborate with the advancement of the sea in the São João da Barra, RJ, municipality territory and, consequently, with the river salinization. In this context, the present work evaluated the flow's river influence in the ions concentration near its mouth. Samples were collected in different times, the first, on September 25, 2018 and, the second, on February 19, 2019, in 5 distinct points, both in spring tide. The parameters analyzed were pH, conductivity and salinity by electrochemical methods, anions (fluoride, chloride, nitrite, nitrate, bromide, phosphate and sulfate) and cations (sodium, ammonium, potassium, calcium and magnesium) by ion chromatography and bicarbonate by titration. The tests carried out evidenced river flow importance for water quality, since the water volume decrease promoted a significant increase at concentrations the ions studied upstream the Paraíba do Sul river mouth.

Palavras-Chave Cromatografia iônica; salinização; estuário.

1) Mestranda em Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal Fluminense - campus Macaé. Rodovia Amaral Peixoto, km 164, Imboassica, Macaé, RJ (22) 999984784, carolramosnunes@yahoo.com.br

2) Graduando em Ciências da Natureza pelo Instituto Federal Fluminense - campus Campos Centro. Rua Dr. Siqueira, 273, Pq Tamandaré, Campos dos Goytacazes, RJ (22) 997492857, higor.pre@gmail.com

3) Graduando em Ciências da Natureza pelo Instituto Federal Fluminense - campus Campos Centro. Rua Dr. Siqueira, 273, Pq Tamandaré, Campos dos Goytacazes, RJ (22) 997753540, gmenezes2011@gmail.com

4) Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) Pró-Reitor de Pesquisa, Extensão e Inovação Instituto Federal Fluminense - reitoria. Rua Coronel Walter Kramer, 357, Pq Santo Antônio, Campos dos Goytacazes, RJ (22) 988413441, vsantos@iff.edu.br

5) Doutor em Ciências Naturais pela Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF) Professor do Instituto Federal Fluminense - Smart campus Polo de Inovação Campos dos Goytacazes. Br 356, km 158, Martins Lage, Campos dos Goytacazes, RJ (22) 999661006, taraujo@iff.edu.br

INTRODUÇÃO

Ambientes costeiros, mais especificamente, os estuários, são ambientes de alta complexidade que dificultam previsões em relação ao seu comportamento. Essa complexidade tem relação com os diversos interferentes encontrados nesses ambientes, como: diferenças na vazão do rio e nas correntes de maré, morfologia do canal, distribuição de fauna e flora, sazonalidades, entre outros. Sendo assim, são de grande importância estudos que possibilitem o entendimento dos processos hidrodinâmicos presentes nos estuários assim como dos processos de transporte característicos desses ambientes (Costa *et al.* 2017).

A área de estudo, o estuário de Atafona, em São João da Barra-RJ, é foz do rio Paraíba do Sul. A bacia desse rio, Figura 1, abrange um território de aproximadamente 62074 km², apresentando área de drenagem nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, uma das regiões mais desenvolvidas e populosa do país. O rio Paraíba do Sul possui comprimento de aproximadamente 1150 km, nasce em São Paulo. Seus principais usos são: abastecimento, diluição de esgotos, irrigação e geração de energia elétrica, destacando-se como principal manancial de abastecimento do estado do Rio de Janeiro (CEIVAP, 2019).

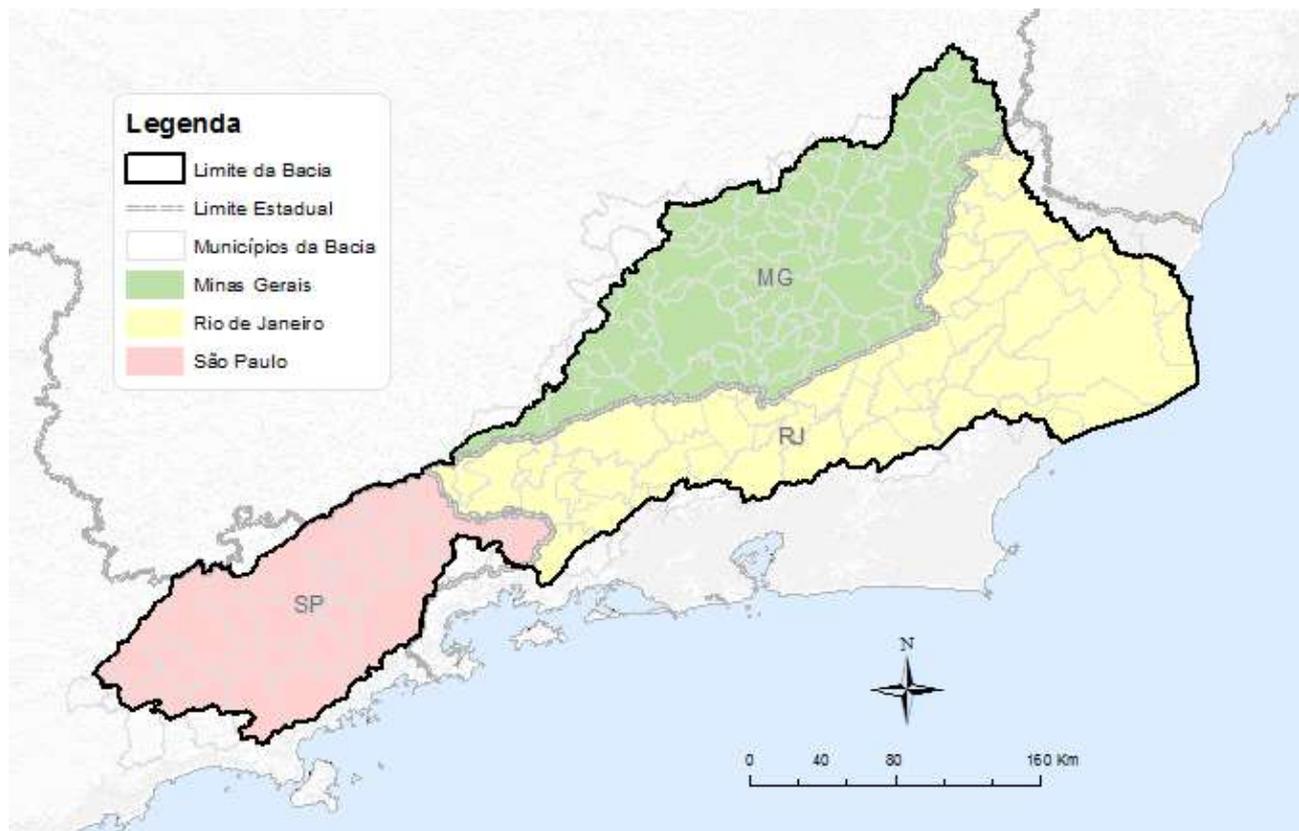


Figura 1 -Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul.

Fonte: CEIVAP, 2019.

Nas últimas décadas, a vazão do rio Paraíba do Sul em sua foz diminuiu (Marengo e Alves, 2005) ocasionando graves problemas ao município de São João da Barra, RJ. Dentre eles, destacam-se o avanço do mar sobre seu território (Ferreira, 2017) e a dificuldade, em alguns períodos, de se captar água doce do

rio para tratamento e distribuição à população (O DIA, 2014) já que, com a diminuição da vazão, toda região costeira próxima ao estuário sofre alterações, devido à ausência de equilíbrio no transporte de material de origem continental e marinha. A diminuição da vazão reflete no estuário, na zona costeira, ocasionando maior impacto de agentes físicos sobre o ecossistema de manguezal com alterações no transporte de sedimentos de origem marinha e avanço da cunha salina, podendo ocorrer migração do ecossistema para regiões superiores (Smiderle *et al.* 2019).

Marengo e Alves (2005) listam as possíveis causas para redução nas vazões e cotas do rio Paraíba do Sul, entre elas: efeitos antropogênicos de uso da água com construção de barragens e açudes para abastecimento e produção de energia; desvios para uso na agricultura, alterações na ocupação e uso do solo; mudanças no canal devido assoreamento, sedimentação e deposição de sedimentos e mudanças no regime e distribuição das chuvas na bacia. Ainda neste estudo, Marengo e Alves (2005) concluem que as vazões do rio Paraíba do Sul, estudadas na série histórica, apresentam tendência negativa nos últimos 50 anos que não parece estar relacionada com alterações nas precipitações da bacia e sim a um possível impacto de natureza antropogênica na forma de gerenciamento dos recursos hídricos.

Na barragem de Santa Cecília, por exemplo, até 60% do volume do rio Paraíba do Sul é transferido para o rio Guandu. Esse sistema, Paraíba do Sul/Guandu, merece grande destaque, pois praticamente todo o abastecimento de água e a energia elétrica da cidade do Rio de Janeiro dependem do mesmo (ANA, 2018; AGEVAP, 2018). As construções dessas barragens e das transposições ao longo do curso do rio Paraíba do Sul, dentre outros motivos, fizeram com que a vazão em sua foz diminuísse drasticamente.

A análise da concentração de alguns íons nas águas do rio pode indicar a salinização do mesmo e deduzir sobre a influência da vazão nesse processo. Os cátions Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ e K^+ foram utilizados por Santos *et al.* (2009) no estudo do processo de salinização de rios urbanos, juntamente com parâmetros físico-químicos como pH e condutividade elétrica. Nesse estudo, verificou-se que a concentração de sódio sofre influência apenas do fator diluição sendo assim considerado um ótimo parâmetro para indicar o processo de salinização.

A cromatografia iônica é uma técnica analítica amplamente utilizada para analisar cátions e ânions presentes na água doce. A caracterização iônica de águas salinas e salobras utilizando a técnica de cromatografia iônica foi realizada por Monteiro *et al.* (2011) comprovando-se a eficiência da técnica também para esse tipo de amostra. Foi possível analisar sete ânions, cinco cátions e o nitrogênio amoniacal em um período de tempo inferior ao das técnicas convencionais, utilizando um pequeno volume de amostra, com reprodutibilidade e sensibilidade similar aos métodos internacionalmente adotados.

Nesse contexto, o presente trabalho utilizou a técnica de cromatografia iônica para avaliar a concentração de alguns íons próximo à foz do rio Paraíba do Sul aliada a outros parâmetros como pH, condutividade e salinidade, visando inferir sobre a influência da vazão do rio na concentração desses parâmetros na região estudada.

MATERIAL E MÉTODOS

Como já mencionado, o principal objetivo do presente trabalho foi avaliar a interferência da vazão do rio Paraíba do Sul na concentração de íons próximo a sua foz, no município de São João da Barra, RJ. Para realizar esta avaliação dados da vazão foram coletados na página da ANA – Agência Nacional de Águas, HIDROWEB – Sistemas de Informações Hidrológicas SNIRH. Nesta página é possível ter acesso a dados recentes e séries históricas da vazão do rio Paraíba do Sul medidas em Campos dos Goytacazes na estação Campos – Ponte Municipal, código: 58974000 / 02141002, sob responsabilidade da ANA e operada pela CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (HIDROWEB, 2019).

Além do levantamento de dados sobre a vazão, amostras de água do rio Paraíba do Sul foram coletadas em cinco pontos distribuídos entre a localidade de Martins Lage, em Campos dos Goytacazes, RJ e a foz, no Pontal de Atafona em São João da Barra, RJ. O objetivo foi analisar a concentração de íons nessas amostras e também outros parâmetros como pH, condutividade elétrica e salinidade.

Coletas das amostras

As amostras de água do rio Paraíba do Sul foram coletadas em 5 pontos (Figura 2) definidos previamente pelo sistema de coordenadas geográficas com utilização do GPS map 76Cx – Garmin, posteriormente as coordenadas foram lançadas no programa Google Earth - Datum WGS84 para elaboração da figura. Sendo, ponto 1 $21^{\circ}44'18.02''S$; $41^{\circ}12'28.02''O$, ponto 2 $21^{\circ}42'12.17''S$; $41^{\circ}9'34.94''O$, ponto 3 $21^{\circ}38'50.95''S$; $41^{\circ}5'22.22''O$, ponto 4 $21^{\circ}37'26.70''S$; $41^{\circ}3'14.60''O$ e ponto 5 $21^{\circ}37'5.91''S$; $41^{\circ}2'15.87''O$. Os pontos citados distribuem-se do Polo de Inovação Campos dos Goytacazes, em Martins Lage, até bem próximo à foz do rio em São João da Barra, a distância do ponto 1 até a foz, em linha reta, é de, aproximadamente, 24 km.

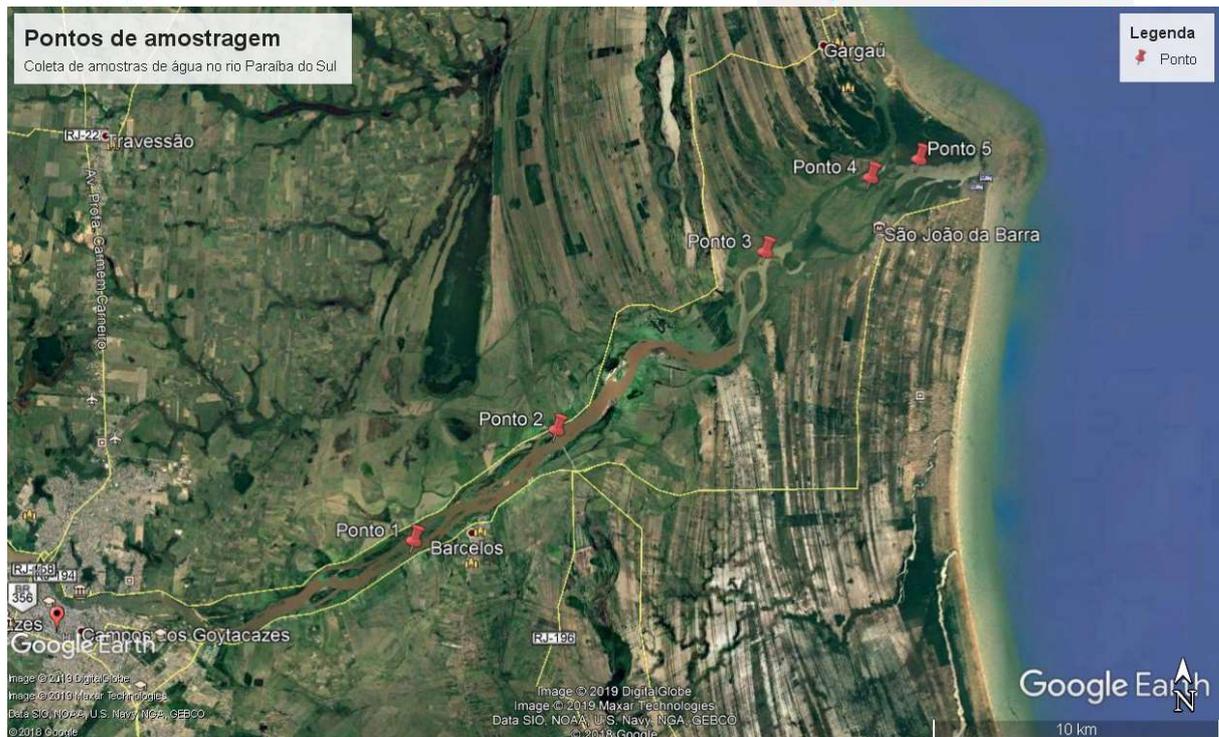


Figura 2 – Pontos de coleta de amostras de água. Sistema de coordenadas geográficas. Datum WGS84 Fonte: Google Earth

Foram realizadas duas saídas de campo, uma em setembro de 2018 e outra em fevereiro de 2019. Em ambas, as coletas foram realizadas em maré de Sizígia ou maré Viva, com grande amplitude, e para a realização das mesmas foi utilizado o barco do Polo de Inovação Campos dos Goytacazes. As coletas foram realizadas na porção central do rio, para evitar interferência das margens, a uma profundidade de 2 metros, com utilização da garrafa de Van Dorn, utensílio próprio para coletas de amostras de água em rios, e armazenadas em frascos de polipropileno com capacidade de 500 mL.

Análises das amostras

As análises das amostras foram realizadas, em triplicata, no LabFoz – Laboratório de Análise e Monitoramento de Águas, no Polo de Inovação Campos dos Goytacazes do Instituto Federal Fluminense.

Para determinação do pH foi utilizado pHmetro Thermo Orion Star A214, a condutividade elétrica foi medida utilizando-se condutivímetro Digimed DM-32, e para a avaliação da salinidade utilizou-se a sonda multiparâmetros Hanna Instruments HI 9829, todos calibrados antes das análises.

Com relação às análises dos íons, a técnica majoritariamente utilizada foi a cromatografia iônica, que possui fase estacionária em coluna e fase móvel líquida. Na tabela 1 encontram-se os parâmetros do método e as especificações para realização do teste de ânions e cátions. Para realização deste teste uma alíquota de aproximadamente 60 mL de cada amostra foi filtrada em membrana de acetato de celulose de 45 µm da Analítica com uso de seringa *luer lock*. As amostras filtradas foram injetadas no cromatógrafo de íons Metrohm 883 Basic IC Plus acoplado ao amostrador 863 Compact

Autosampler. Os íons analisados por esse método foram: os cátions (sódio, amônio, potássio, cálcio e magnésio) e os ânions (cloreto, fluoreto, brometo, nitrato, nitrito, fosfato e sulfato).

Tabela 1: Parâmetros cromatográficos utilizados para a realização das análises de ânions e cátions.

Parâmetros	Valores ou especificações	
	Ânions	Cátions
Fase móvel	NaHCO ₃ (1,0 mmol L ⁻¹) e Na ₂ CO ₃ (3,2 mmol L ⁻¹)	H ₂ C ₂ O ₄ (2,7 mmol L ⁻¹)
Solução do supressor	H ₂ SO ₄ (0,10 mol L ⁻¹)	-
Coluna	Metrosep A Supp 5 - 150/4.0 da Metrohm	Metrosep C4 – 150/4.0 da Metrohm
Pré-coluna	Metrosep A Supp 5 Guard/4.0 da Metrohm	Metrosep C4 – Guard/4.0 da Metrohm
Pressão	10,0 mPa	7,5 mPa
Volume injetado	20 µL	20 µL
Tempo da corrida	20 minutos	22 minutos

Ainda com relação às análises dos íons por cromatografia, o método da padronização externa foi utilizado para a confecção das curvas analíticas necessárias para quantificação dos mesmos e os métodos de análise foram validados previamente segundo o que preconizam Ribani *et al.* (2004). De forma resumida, na validação dos métodos foram avaliados parâmetros como: linearidade e os limites de quantificação e de detecção para cada íon que foi analisado.

Para a avaliação da linearidade soluções com concentrações iguais a 0,10; 1,00; 2,50; 5,00 e 10,00 mg L⁻¹, para os ânions, e 0,10; 1,00; 2,50; 5,00; 10,00 e 20,00 mg L⁻¹, para os cátions, foram preparadas a partir de soluções padrões multiânions e multicátions, respectivamente, ambas adquiridas da SpecSol, Brasil. Após o preparo das soluções as mesmas foram injetadas no cromatógrafo e as áreas obtidas para cada analito nas diferentes concentrações foram utilizadas para as confecções das curvas analíticas.

Para a determinação dos limites de detecção (LD) e quantificação (LQ) foi utilizado o método baseado em parâmetros da curva analítica. As equações que foram utilizadas nesse processo são mostradas a seguir, equações 1 e 2.

$$LD = 3,3 \times \frac{s}{S} \quad (1)$$

$$LQ = 10 \times \frac{s}{S} \quad (2)$$

Onde, S é o coeficiente angular da curva analítica para cada analito e s é a estimativa do desvio padrão da resposta do branco, o qual foi obtido através das áreas dos ruídos oriundos da injeção de cinco brancos (água ultrapura) no cromatógrafo de íons.

Também foi determinado o íon bicarbonato (HCO₃⁻) através do método da alcalinidade. Ou seja, por titulação com ácido sulfúrico 0,0100 mol L⁻¹ e uso dos indicadores fenolftaleína e verde de bromocresol.

Os dados obtidos nas análises foram comparados entre si e relacionados com as vazões encontradas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de alguns parâmetros físico-químicos encontrados nas amostras de água coletadas no rio Paraíba do Sul são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Resultados médios encontrados para os parâmetros pH, condutividade e salinidade.

Saída 1 - 25/09/2018 Maré de Sizígia coeficiente: 92 Vazão RPS 252,8 m ³ s ⁻¹				Saída 2 - 19/02/2019 Maré de Sizígia coeficiente: 108 Vazão RPS 384,16 m ³ s ⁻¹			
Pontos	pH	Condutividade (μS cm ⁻¹)	Salinidade (‰)	Pontos	pH	Condutividade (μS cm ⁻¹)	Salinidade (‰)
P1	8,51	100,57	0,040	P1	8,11	64,96	0,020
P2	8,79	92,73	0,030	P2	8,10	62,12	0,020
P3	8,84	93,06	0,030	P3	8,26	63,33	0,020
P4	8,59	95,79	0,040	P4	8,42	62,72	0,030
P5	8,38	1295,43	0,660	P5	8,32	460,73	0,250

Analisando os resultados é possível perceber que o parâmetro pH não apresenta grandes variações ao longo dos pontos de coleta, da mesma forma se mantém em valores próximos quando se comparam os resultados das duas saídas. No entanto, o mesmo não se observa para os parâmetros: condutividade e salinidade. No ponto 5 há uma variação positiva para tais parâmetros em relação aos pontos anteriores, esse aumento nos valores de condutividade e salinidade é explicado pela proximidade com o mar. É possível observar ainda uma variação nos resultados de condutividade e salinidade em relação as duas saídas em todos os pontos, neste caso, possivelmente explicada pela diferença de vazão. Visto que, na saída 1 a vazão do rio Paraíba do Sul apresentava-se cerca de 120 m³ s⁻¹ menor quando comparada à saída 2, contribuindo para um aumento de, aproximadamente, 181% e 164% nos valores de condutividade e salinidade, respectivamente, no ponto 5 da saída 2 para a saída 1.

No trabalho de caracterização da qualidade da água da foz do rio São Francisco, Santana *et al.* (2017) realizaram a medição da salinidade e condutividade em pontos distintos da foz evidenciando a interferência da maré nesse parâmetro e, também, suas variações não naturais devido à baixa vazão do rio.

Para os íons que foram analisados por cromatografia iônica, como já mencionado, foi necessário a confecção de curvas analíticas. De acordo com a ANVISA, na Resolução Re n° 899 de 29 de maio de 2003, se houver relação linear aparente os resultados deverão ser tratados por métodos estatísticos apropriados para determinação do coeficiente de correlação e equação da reta. Ainda segundo a ANVISA, o critério mínimo aceitável do coeficiente de correlação (r) deve ser = 0,99 (ANVISA, 2019).

Desta forma, na tabela 3, encontram-se as equações das retas e os valores do coeficiente de correlação de Pearson (r) que foram obtidos nessa etapa do trabalho.

Tabela 3 – Parâmetros das curvas analíticas dos íons analisados por cromatografia.

	Equação da reta	*r		Equação da reta	*r
F ⁻	y = 0,3252x - 0,0642	0,9984	Na ⁺	y = 0,2370x + 0,103	0,9999
Cl ⁻	y = 0,2042x - 0,0323	0,9977	NH ₄ ⁺	y = 0,2997x - 0,0511	0,9998
NO ₂ ⁻	y = 0,1277x - 0,0203	0,9994	K ⁺	y = 0,1358x + 0,0063	0,9999
Br ⁻	y = 0,0821x - 0,0124	0,9988	Mg ²⁺	y = 0,4947x + 0,0403	0,9999
NO ₃ ⁻	y = 0,1029x - 0,0154	0,9987	Ca ²⁺	y = 0,1896x + 0,1657	0,9998
PO ₄ ³⁻	y = 0,0516x - 0,0139	0,9983			
SO ₄ ²⁻	y = 0,1407x - 0,0039	0,9990			

*Coeficiente de correlação de Pearson

Também foram calculados, na validação do método, o limite de detecção (LD) e o limite de quantificação (LQ) para cada ânion e cátion analisado por cromatografia. A tabela 4 apresenta as estimativas do desvio padrão para a área do branco (s), o coeficiente angular da equação da reta (a) e os limites de detecção e quantificação determinados para cada analito.

Tabela 4 – Limite de detecção (LD) e limite de quantificação (LQ) para os íons analisados por cromatografia.

	*s	**a	LD (mg L ⁻¹)	LQ (mg L ⁻¹)		*s	**a	LD (mg L ⁻¹)	LQ (mg L ⁻¹)
F ⁻		0,3252	0,0091	0,0275	Na ⁺		0,2370	0,0125	0,0377
Cl ⁻		0,2042	0,0145	0,0438	NH ₄ ⁺		0,2997	0,0098	0,0298
NO ₂ ⁻		0,1277	0,0231	0,0700	K ⁺	8,94 x 10 ⁻⁴	0,1358	0,0217	0,0659
Br ⁻	8,94 x 10 ⁻⁴	0,0821	0,0360	0,1089	Mg ²⁺		0,4947	0,0060	0,0181
NO ₃ ⁻		0,1029	0,0287	0,0869	Ca ²⁺		0,1896	0,0156	0,0472
PO ₄ ³⁻		0,0516	0,0572	0,1733					
SO ₄ ²⁻		0,1407	0,0210	0,0636					

*estimativa do desvio padrão para a área do branco (n=5) e **coeficiente angular da equação da reta obtido na curva analítica para cada íon

Os resultados encontrados para ânions e cátions estão apresentados na tabela 5. Os mesmos são as médias obtidas das triplicatas realizadas. Todos os íons foram analisados por cromatografia iônica, exceto o bicarbonato (HCO₃⁻) que foi analisado por titulação através do método de alcalinidade.

Tabela 5 – Resultados médios observados para ânions e cátions

Saída 1 - 25/09/2018 Maré de Sizígia coeficiente: 92 Vazão do rio 252,8 m ³ s ⁻¹						Saída 2 - 19/02/2019 Maré de Sizígia coeficiente: 108 Vazão do rio 384,16 m ³ s ⁻¹					
ÂNIONS (mg L ⁻¹)						ÂNIONS (mg L ⁻¹)					
Ponto	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Σ	Ponto	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Σ
P1	7,256	4,526	6,052	32,363	50,197	P1	5,030	3,327	4,229	26,200	38,786
P2	7,404	4,397	6,147	33,473	51,421	P2	4,786	3,355	4,182	28,540	40,864
P3	7,323	4,270	5,917	32,820	50,330	P3	4,599	3,124	3,966	26,610	38,299
P4	8,568	4,241	5,936	33,373	52,119	P4	4,732	2,924	3,938	28,960	40,554
P5	371,686	4,555	59,903	39,253	475,397	P5	152,979	2,853	20,586	27,990	204,407
CÁTIONS (mg L ⁻¹)						CÁTIONS (mg L ⁻¹)					
Ponto	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Σ	Ponto	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Σ
P1	9,303	3,162	1,236	14,423	28,123	P1	6,416	2,614	2,336	12,108	23,474
P2	9,409	3,091	1,217	14,641	28,358	P2	6,255	2,481	2,350	12,204	23,290
P3	9,239	3,029	1,206	14,817	28,292	P3	6,130	2,456	2,405	12,194	23,184
P4	10,362	3,415	1,303	15,181	30,260	P4	6,206	2,436	2,447	14,053	25,142
P5	235,028	10,396	37,538	21,905	304,868	P5	76,836	4,342	19,369	22,729	123,276

Alguns íons analisados apresentaram valores abaixo dos limites de detecção ou quantificação, sendo: F⁻, NO₂⁻, Br⁻, PO₄³⁻ e NH₄⁺, por esse motivo não estão apresentados na tabela 5. Analisando os resultados encontrados para ânions, observa-se grandes variações quando se compara as concentrações dos ânions Cl⁻ e SO₄²⁻ do ponto 5 para os demais em ambas as saídas, provavelmente, por interferência do mar. Já os íons NO₃⁻ e HCO₃⁻ não apresentam grandes diferenças neste ponto em relação aos demais, também para as duas saídas. Para os cátions, a variação nas concentrações do ponto 5 para os demais é observada no Na⁺, no K⁺ e no Ca²⁺, indicando que todos esses cátions sofrem interferência do mar em suas concentrações.

Observando, na tabela 5, o somatório de todos os ânions e cátions na saída 1 e saída 2 verifica-se o quanto a vazão do rio interfere nessas concentrações. A sua diminuição em 120 m³ s⁻¹, como identificado na comparação das saídas 1 e 2, promove um aumento de, aproximadamente, 132% na concentração dos ânions e 147% na dos cátions, quando se analisa o ponto 5. Nos demais pontos (P1, P2, P3 e P4) o aumento na concentração dos íons também foi observado com a diminuição da vazão, para os ânions esse aumento foi, em média, de 28% e para os cátions 21%. As concentrações de Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, SO₄²⁻ e Cl⁻, obtidas também por cromatografia iônica, foram utilizadas por Souto *et al.* (2015) para evidenciar mudanças nas características químicas do rio Solimões relacionadas à tendência de diluição das águas.

CONCLUSÃO

Com o estudo é possível inferir que a vazão do rio é um parâmetro relevante para a qualidade da sua água já que ela promove a diluição de diversos compostos. Foi possível concluir que a diminuição da vazão aumenta a concentração de íons e, provavelmente, de outras espécies no corpo hídrico. Desta forma, se a vazão do rio Paraíba do Sul mantiver a tendência negativa, o seu estuário e o município de São João da Barra podem sofrer ainda mais as consequências do avanço do mar sobre o território e da salinização do rio.

REFERÊNCIAS

- AGEVAP - Agência da Bacia do Rio Paraíba do Sul. Rio Guandu. Disponível em: <http://www.comiteguandu.org.br/rio-guandu.php>. Acesso em: 21/09/2018.
- ANA – Agência Nacional das Águas. Estudos Auxiliares para a gestão de risco de inundações Bacia do rio Paraíba do Sul. Disponível em: gripbsul.ana.gov.br/ABacia.html_Acesso em: 21/09/2018.
- ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução Re nº 899 de 23 de maio de 2003. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RE_899_2003_COMP.pdf/ff6fdc6b-3ad1-4d0f-9af2-3625422e6f4b. Acesso em: 25/02/2019.
- COSTA, N. C. D. B.; VENÂNCIO, S. S.; PINHO, J. L. S.; VIEIRA, J. M. P. (2017) “Análise Hidrodinâmica do estuário do rio Lima, Portugal, a partir de simulação numérica”. Ambiente e Água. Vol. 12 n 3. P 476-488. Taubaté. May-jun 2017.
- FERREIRA, L. (2017) Avanço do Mar de Atafona, em São João da Barra, é discutido no V Encontro Estadual de Comitês de Bacias Hidrográficas. Reportagem do Grupo OZK. Disponível em: <http://www.portalozk.com/vaf/noticias/cidades/avanco-do-mar-de-atafona-em-sao-joao-da-barra-e-discutido-no-v-encontro-estadual-de-comites-de-bacias-hidrograficas/7124/>Acesso em: 16/04/2018.
- HIDROWEB – Sistema de informações hidrológicas (SNIRH). Disponível em: http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf Acesso em: 19/02/2019.
- MARENGO, J.A.; ALVES, L.M. (2005) “Tendências hidrológicas da bacia do rio Paraíba do Sul”. Revista Brasileira de Meteorologia. V.20, n.2, 215-226.
- MONTEIRO, L.R.; GONÇALVES, C.; COTRIM, M.B.; PORFÍRIO, D.M.; PIRES, M.A.F. (2011) “Caracterização iônica de águas salinas e salobras por cromatografia de íons”. V Simpósio Brasileiro de Oceanografia. Oceanografia e Políticas Públicas. Santos, SP.
- O DIA. Língua salina contamina água em São João da Barra, 2014. Disponível em: https://odia.ig.com.br/_conteudo/odiaestado/2014-10-22/lingua-salina-contamina-agua-em-sao-joao-da-barra.html. Acesso em: 20/07/2018.
- RIBANI, M.; BOTTOLI, C.B.G.; COLLINS, C.H.; JARDIM, I.C.S.F.; MELO, L.F.C. (2004) “Validação em métodos cromatográficos e eletroforéticos”. Química Nova. Vol.27(5): 771-780.
- SANTANA, N.R.F.; NETTO, A.O.A.; GARCIA, C.A.B. (2017) “Qualidade da água da foz do rio São Francisco”. 14º Congresso Nacional de Meio Ambiente. Poços de águas termais e minerais. 2º Simpósio de águas termais e minerais de Poços de Caldas. Poços de Caldas, MG.
- SANTOS, J. S.; SANTOS, M.J.S.; SANTOS, M.L.P. (2009) “Parâmetros indicativos do processo de salinização em rios urbanos do semi-árido brasileiro”. Revista Química Nova. Vol. 32, No. 6, 1534-1538.
- SIGA-CEIVAP – Sistemas de Informações Geográficas e Geoambientais da bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul. Disponível em: <http://sigaceivap.org.br/observatorioEstado> Acesso em: 10/07/2019.
- SMIDERLE, G.; REZENDE, C. E.; SIQUEIRA, J. G.; SUZUKI, M. S. (2019) “O que houve com o Paraíba?” Disponível em: <http://www.uenf.br/portal/index.php/br/o-que-houve-com-o-nosso-rio.html> Acesso em: 24/04/2019.
- SOUTO, L.F.L.; OLIVEIRA, T.C.S.; SILVA, M.S.R. (2015) “Variação espacial da cátions, ânions e variáveis físico-químicas no rio Solimões-Amazonas entre Manaus e Jutai, bacia Amazônica”. Acta Amazonica. Vol. 45(4): 415-424.
- AGRADECIMENTOS** ao Polo de Inovação Campos dos Goytacazes do IF Fluminense e ao CBH PSI - Comitê de Bacia Hidrográfica Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana.