



# VARIAÇÃO ESPACIAL E INTRA-ANUAL DE FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS E INDICADORES BIOGEOQUÍMICOS NO ESTUÁRIO DO REAL, LITORAL NORTE DA BAHIA, BRASIL

ISABEL HONORATA DE SOUZA AZEVEDO

Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Campus Universitário de Ondina, Rua Barão de Jeremoabo, s/n., 40170-115, Salvador, BA, Brasil.  
*ih.azevedo@uol.com.br* (autora correspondente)

SIMONE SOUZA DE MORAES

Departamento de Oceanografia, Instituto de Geociências, Campus Universitário de Ondina, Rua Barão de Jeremoabo, s/n., 40170-115, Salvador, BA, Brasil. *smoraes@ufba.br*

ANA CARINA MATOS SILVA , ALEXANDRE DACORSO DALTRO MILAZZO ,  
ALTAIR DE JESUS MACHADO , RUTH SOUZA DOS SANTOS ROCHA

Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Campus Universitário de Ondina, Rua Barão de Jeremoabo, s/n., 40170-115, Salvador, BA, Brasil. *anacarinams@gmail.com, alexandremilazzo@yahoo.com.br, altair@ufba.br, ruthestrela@yahoo.com.br*

CAIO FERNANDO GROMBONI

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Bahia, Campus Ilhéus, Rodovia Ilhéus-Itabuna, km 13, 45671-700, Ilhéus, BA, Brasil. *cfgromboni@gmail.com*

NAILSON SANTOS ALVES , GABRIELE AUGUSTA LEAL RIBEIRO

Departamento de Oceanografia, Instituto de Geociências, Campus Universitário de Ondina, Rua Barão de Jeremoabo, s/n., 40170-115, Salvador, BA, Brasil. *nailsonalves.geo@gmail.com, gabyba3@hotmail.com*

GERALDO MARCELO PEREIRA LIMA

Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Campus Universitário de Ondina, Rua Barão de Jeremoabo, s/n., 40170-115, Salvador, BA, Brasil. *glima@ufba.br*

**ABSTRACT – Spatial and intra-annual variation of foraminifera and biogeochemical indicators in the Real estuary, northern coast of Bahia, Brazil.** The aim of this research was to carry out the biogeochemical characterization of the Real estuary, northern coast of Bahia, using the seasonal variation of foraminifera and physical-chemical, sedimentological, and geochemical data. During the rainy season were obtained 324 foreheads (Jul/2013), with *Trochammina inflata* in abundance (75.85%). In the April campaign, 298 foraminifera were found in 10 sampling points, especially *T. inflata* (40.60%), *Quinqueloculina lamarckiana* (9.73%), *Ammonia tepida* (8.05%) and *Trochammina globigeriniformis* (5.70%). In the dry season, 148 foreheads belonging to 14 species were registered, such as *Q. lamarckiana* (21.19%), *Trochammina* sp. (10.60%), *T. inflata* (10.60%), *Nonion sinensis* (5.96%), *Peneroplis proteus* (5.96%), and *Quinqueloculina bicornis* (5.96%). In addition, the faunal composition reflects an environmental condition of high hydrodynamic energy, with clear evidence of oligohaline waters typical of environments with strong river discharges, and absence of anomalies in the foreheads, suggesting an environment without evident anthropogenic changes. The levels of Ca and Al, in both hydrological periods, varied significantly between the sampling stations, but they should not be causing adverse effects on the biota of the Real estuary. The contents of Mg (which come from primary sources) and Fe (which is punctual and seems to be a result of anthropic activity) found are above the reference limits, but does not appear to be causing changes in the balance of the local ecosystem.

**Keywords:** foraminifera, estuary, trace metals, Northeast of Brazil, bioindicators, taphonomy.

**RESUMO –** O objetivo da pesquisa foi realizar a caracterização biogeoquímica do estuário do Real, Litoral Norte-Bahia, utilizando a variação sazonal de foraminíferos e dados físico-químicos, sedimentológicos e geoquímicos. Foram obtidas 324 testas na estação chuvosa (Jul/2013), destacando-se *Trochammina inflata* (75,85%). Na campanha de abril, foram encontrados 298 foraminíferos em 10 pontos amostrais, destacando-se *T. inflata* (40,60%), *Quinqueloculina lamarckiana* (9,73%), *Ammonia tepida* (8,05%) e *Trochammina globigeriniformis* (5,70%). Na estação seca, registraram-se 148 testas pertencentes a 14 espécies, das quais destacam-se *Q. lamarckiana* (21,19%), *Trochammina* sp. (10,60%), *T. inflata* (10,60%), *Nonion sinensis* (5,96%), *Peneroplis proteus* (5,96%), *Quinqueloculina bicornis* (5,96%). Além disso, a

composição faunística reflete uma condição ambiental de alta energia hidrodinâmica, com evidência clara de águas oligohalinas próprias de ambientes com fortes descargas fluviais, e ausências de anomalias nas testas, sugere um ambiente sem alterações antrópicas evidentes. Os teores de Ca e Al, em ambos os períodos hidrológicos variaram significativamente entre as estações de amostragem, mas não devem estar provocando efeitos adversos à biota do estuário do Real. Já os teores de Mg, que são oriundos de fontes primárias, e de Fe, que é pontual e parece ser resultante de atividade antrópica, embora estejam acima dos limites de referência, não parecem estar causando alterações no equilíbrio do ecossistema local.

**Palavras-chave:** foraminíferos, estuário, metais traço, Nordeste do Brasil, bioindicadores, tafonomia.

## INTRODUÇÃO

Estuários são ambientes de transição na interface do ecossistema continente-oceano, cujos processos de transporte e mistura de massas d'água continentais e marinhas exercem uma atividade de filtro para os materiais particulados e dissolvidos, bem como de nutrientes orgânicos e inorgânicos, que são transportados em direção ao mar (Dyer, 1995; D'Aquino *et al.*, 2011; Miranda *et al.*, 2012; Pinto-Coelho & Havens, 2015), exercendo um papel significativo para a alta produtividade biológica destas regiões costeiras (Kelts, 1988; Odum & Barret, 2007).

A importância das zonas costeiras, em decorrência das atividades sociais e econômicas, proporciona pressões demográficas, a exemplo da expansão urbana desordenada, que provoca erosão costeira e perda e/ou redução de habitats de alta produtividade biológica, devido à alteração dos condicionantes da circulação estuarina (com a construção de barragens e represas, retificação de canais e dragagem para implementação de atividades portuárias, aterros, pavimentação, drenagens e construção de estradas) e ao aporte de esgotos domésticos, agrícolas ou industriais (Small & Nicholls, 2003; Rodrigues & Umbuzeiro, 2011; Azevedo, 2014). Adicionalmente, a geomorfologia dessas regiões apresenta formação geológica recente (pleistocênica e holocênica) e, por isso, são mais sensíveis e dinâmicas, tornando-se susceptíveis às influências antrópicas (Marino & Freire, 2013).

Diante disso, a aplicabilidade de bioindicadores eficazes em programas de diagnóstico ambiental, monitoramento e manejo de áreas estuarinas tornam-se cada vez mais importante para um uso sustentável e racional dos recursos naturais (Burford *et al.*, 2012). Nesse contexto, nas últimas décadas, foram realizadas muitas pesquisas utilizando as associações de foraminíferos no monitoramento ambiental e detecção de alterações antrópicas (Sharifi *et al.*, 1991; Sundara Raja Reddy *et al.*, 2016; Mudie & Yanko-Hombach, 2019). Em relação ao Brasil, a maioria dos trabalhos de diagnóstico ambiental são nas regiões Sul e Sudeste (Duleba & Debenay, 2003; Eichler *et al.*, 2012; Duleba *et al.*, 2018), mas também há estudos na região Nordeste (Semensatto-Jr & Dias-Brito, 2004; Gomes, 2010; Rocha, 2016; Azevedo *et al.*, 2019, dentre outros).

Assim, o objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização biogeoquímica do estuário do Real, Litoral Norte-Bahia, utilizando a variação sazonal de foraminíferos e dados físico-químicos, sedimentológicos e geoquímicos.

## ÁREA DE ESTUDO E GEOLOGIA

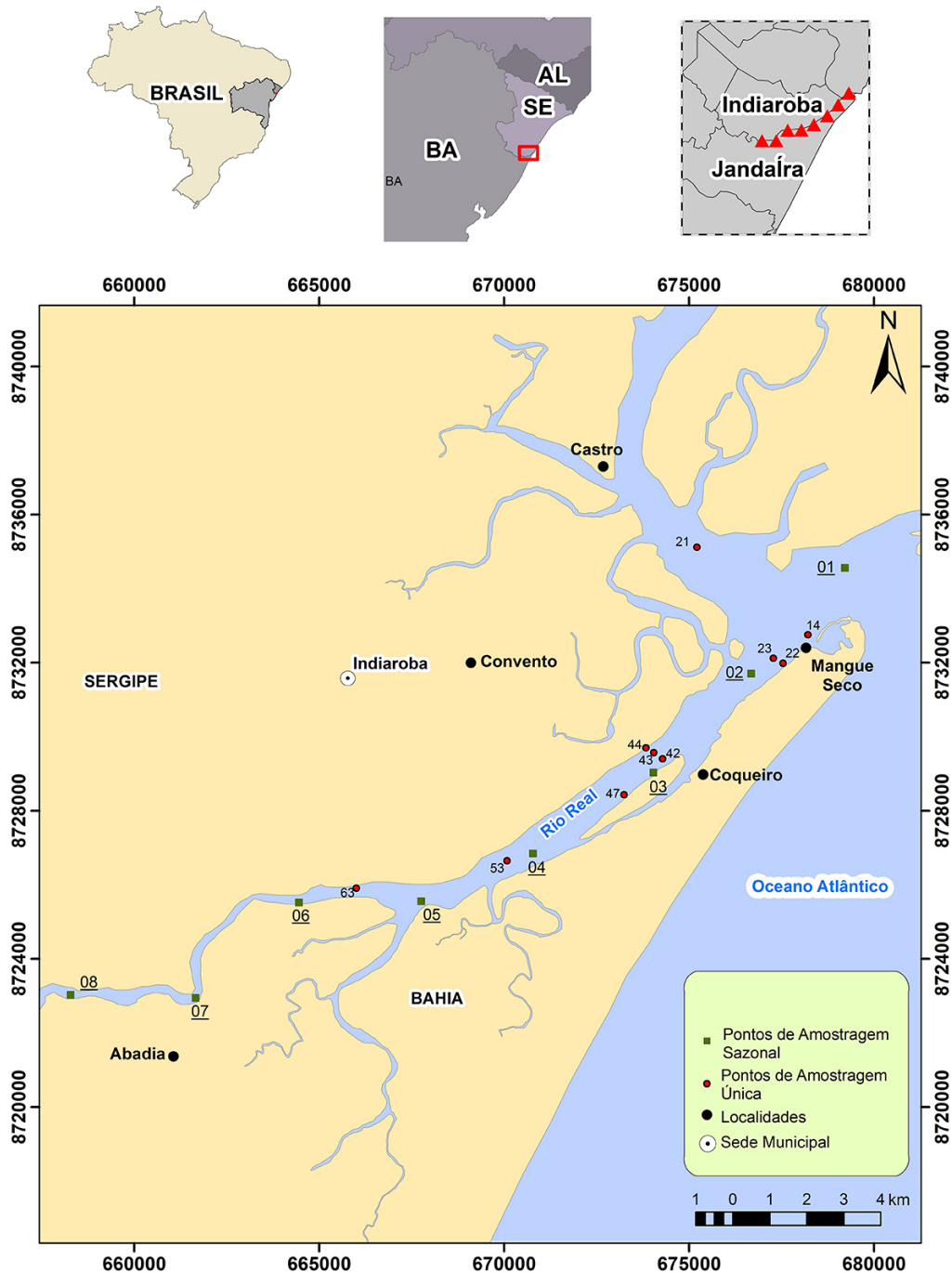
A área de estudo corresponde ao estuário do Real, localizado na divisa entre os estados da Bahia e de Sergipe (Figura 1). O rio Real nasce no município de Cícero Dantas no Estado da Bahia, mas sua bacia hidrográfica apresenta uma área total de 4.968 km<sup>2</sup>, o que inclui 22 municípios (Farias, 2014). Este rio percorre 246 km até desaguar no Oceano Atlântico, onde integra o complexo estuarino Piauí-Fundo-Real (Costa, 2011), que se localiza geologicamente na feição estrutural rasa denominada Plataforma de Estância, composta por pacotes sedimentares do Cretáceo, Terciário e Quaternário (Carvalho & Fontes, 2007).

Em relação aos aspectos naturais, a localização geográfica, acompanhada de uma grande extensão territorial da área de estudo, favorecendo o desenvolvimento de uma diversidade paisagística, exibe feições particulares a cada ambiente, além do clima característico da região, são determinantes na formação e nas modificações do espaço físico, inferindo até na apropriação dos espaços. A região exibe um clima úmido a subúmido na faixa litorânea, reduzindo o índice de umidade à medida que penetra no sentido leste/oeste, tornando-se subúmido a seco no interior do estuário (Farias, 2014), o qual exibe uma altitude de 220 m, com uma precipitação média anual de 949,9 mm e temperatura média anual de 23,5° C (SEI, 2006).

A geologia da área estudada apresenta depósitos sedimentares, compostos por material pouco consolidado, que surgem ao longo do litoral, cujas feições são consequências dos distintos processos de acumulação fluvial, fluviomarina ou eólica, condicionando uma estrutura particular que se reflete na morfodinâmica onde se localiza uma planície litorânea (SEI, 2006). Os depósitos desta planície são compostos por leques aluviais, dunas, terraços marinhos, zonas úmidas (brejos, pântanos e manguezais) e depósitos associados a praias e bancos de arenito (Farias, 2014). Além disso, ao longo da planície diferenciam-se discretas manchas de restingas em formato de cordões estreitos, a maioria não mapeáveis, e formações dunares permeadas por depressões inundáveis e lagoas, que são fixas por uma vegetação e outras ainda ativas como, por exemplo, as dunas de Mangue Seco (Programa Monitora, 2014).

## MATERIAL E MÉTODOS

Para analisar a variação sazonal das condições ambientais no estuário do Real, foram coletadas oito amostras de



**Figura 1.** Mapa da área de estudo mostrando a localização dos pontos amostrais (presença dos foraminíferos) do estuário do Real, Bahia, Brasil.

**Figure 1.** Map of the study area showing the location of the sampling points (presence of foraminifera) of the Real estuary, Bahia, Brazil.

sedimento superficial de fundo, em julho de 2013 (estação chuvosa) e fevereiro de 2014 (estação seca), destinadas às análises microfaunísticas (distribuição e composição das associações de foraminíferos bentônicos) e à obtenção de dados físico-químicos (salinidade, temperatura, teor de oxigênio dissolvido, pH e Eh da água de fundo), sedimentológicos (granulometria) e geoquímicos (teores de metais e nutrientes no sedimento). As amostras de sedimento

foram coletadas com auxílio de uma draga *Van Veen* e foi utilizada uma garrafa de *Van Dorn* para a coleta água de fundo, sendo os dados físico-químicos mensurados por meio de uma sonda multiparamétrica (Figura 1).

A análise granulométrica foi feita por peneiramento a seco em um agitador de peneiras, o material retido em cada peneira foi recolhido em folhas de papel A3, devidamente identificadas com o código de cada amostra e a respectiva

fração granulométrica; cada folha de papel A3 foi dobrada, contendo o material da peneira correspondente, e pesada. Posteriormente os valores dos pesos obtidos do material retido em cada peneira foram utilizados para realizar a classificação granulométrica, tendo sido adotadas as frações da escala de Wentworth (1922). As análises do teor de matéria orgânica no sedimento foram realizadas conforme a metodologia da Embrapa (2009). Os dados geoquímicos do sedimento foram obtidos a partir da extração parcial de metais, usando-se  $\text{HNO}_3$  a 65%, seguindo a metodologia D5258-92 de ASTM (1992).

No intuito de ampliar o conhecimento sobre a distribuição dos foraminíferos neste ambiente, foi utilizado um conjunto de 75 amostras de sedimento superficial de fundo coletadas em abril de 2014, portanto no período chuvoso, por Farias (2014). Contudo, após a triagem do material, observou-se a ocorrência de foraminíferos bentônicos em apenas 10 pontos (Figura 1), cujos dados foram correlacionados aos de granulometria.

A identificação dos foraminíferos foi feita com base em literatura especializada e, durante este procedimento, foram registradas informações relativas à sua coloração e estado de preservação conforme Moraes & Machado (2003), e a ocorrência de anomalias morfológicas nas testas (Cotter & Hallock, 1988).

Para as análises de coloração foram adotados cinco padrões de cores inicialmente utilizados por Leão & Machado (1989) e seguido por Moraes (2001): branco ou incolor, amarelo, marrom ou preto quando as testas surgem com uma destas cores; e mosqueado, quando uma única testa exibe duas ou mais cores. Para as interpretações dos padrões de desgaste das testas foram adotados cinco classificações para avaliar o grau de preservação, sendo quatro destes padrões baseados Cotter & Hallock (1988): normal, para testas com superfícies intactas; abrasão, quando foram detectados arranhões, perfurações ou estrias na superfície; quebraimento, quando as câmaras periféricas das testas apresentam-se quebradas; dissolução, quando a parede externa das testas exibe grandes porções das estruturas internas das câmaras; e misto, uma adaptação de Moraes (2001), quando são encontrados dois tipos de desgaste em uma mesma testa.

Nas análises descritivas dos resultados da fauna de foraminíferos, foram calculados: (i) a abundância relativa, adotando-se as classes principal (abundâncias > 5%), acessória (4,9–1%) e traço (< 1) (Dajoz, 1983).

A fim de comparar e/ou detectar prováveis consequências dos teores de metais traços nos sedimentos na área em estudo, os resultados obtidos foram comparados aos limites do *Netherlands/Ministerie van Volkshuisvesting* (2000), do *Environment Canada* (2003), da Resolução N° 454/2012 do CONAMA (Brasil, 2012) e do *Canadian Environmental Quality Guidelines* (CCME, 2014).

Para a interpretação dos resultados obtidos, foram realizadas as análises de correlação dos dados de foraminíferos, parâmetros físico-químicos, granulometria, nutrientes e metais através do programa *Statistica* versão 8.0 (Statsoft, 2007), tendo sido utilizado o Coeficiente de Correlação de Spearman com um valor de significância de  $p < 0,05$ .

Para verificar a existência de diferenças significativas nos valores dos parâmetros físico-químicos, granulometria, teores de nutrientes e metais-traços entre os períodos hidrológicos, inicialmente foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk que comprovou que os dados eram não-paramétricos (sem distribuição normal,  $p < 0,05$ ), em seguida foi realizado o teste de Mann-Whitney ( $p < 0,05$ ) para determinar se houve variação sazonal (Guimarães, 2008).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Parâmetros abióticos

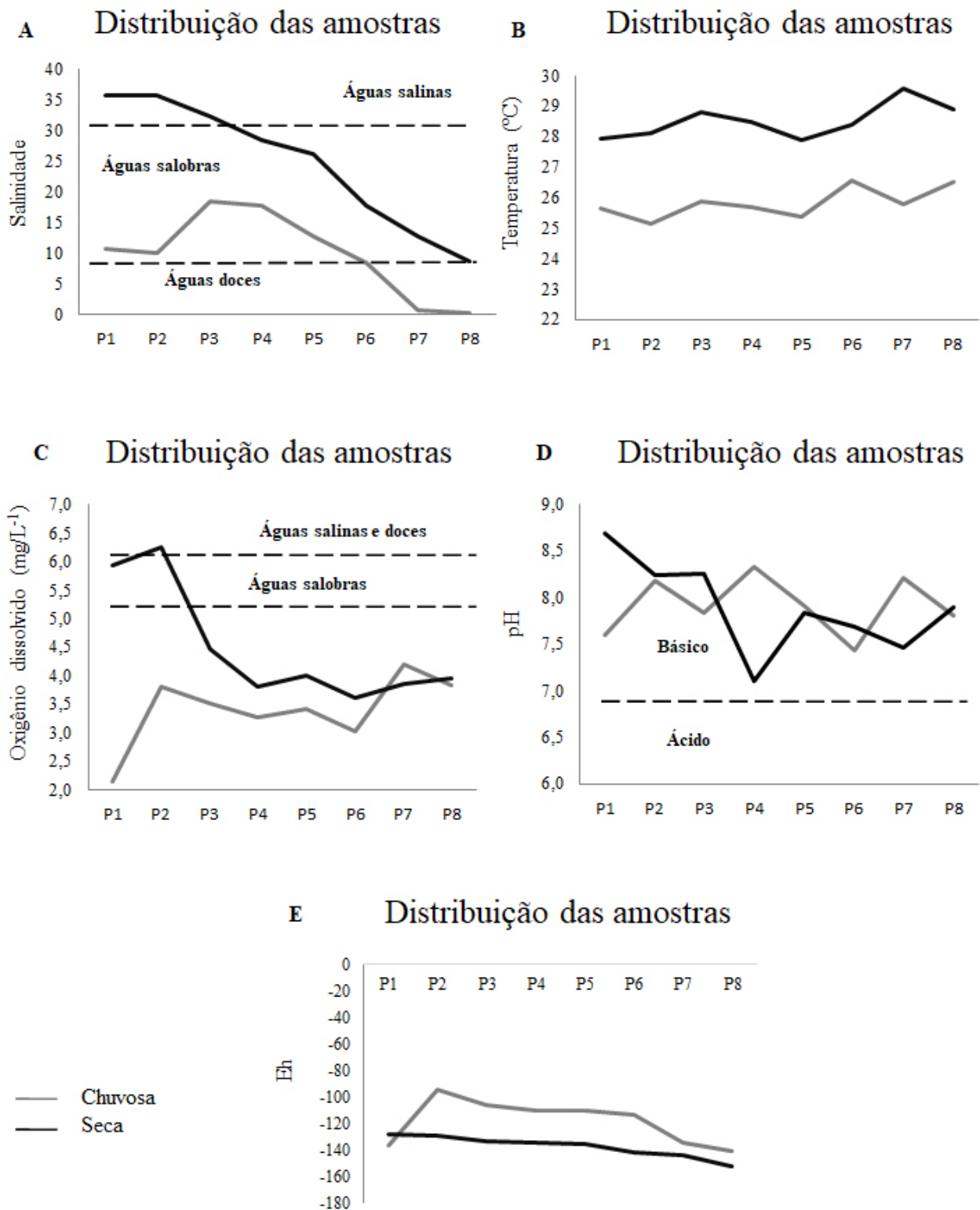
Houve variação sazonal significativa nos valores de salinidade (Mann-Whitney:  $p = 0,0136$ ), temperatura (Mann-Whitney:  $p = 0,0001$ ) e oxigênio dissolvido – O.D (Mann-Whitney:  $p = 0,0228$ ).

Os valores de salinidade foram mais baixos no período chuvoso (de 0,25 a 18,50 em jul/2013), observando-se água salobra ( $> 0,5$  a  $< 30$  conforme a Resolução CONAMA n° 357/05 – Brasil, 2012) do ponto 1 ao ponto 6 e água doce ( $\leq 0,5$ ) nos pontos 7 e 8, enquanto no período seco (de 27,8 a 29,5 em fev/2014) houve o registro de água salina ( $\geq 30$ ) do ponto 1 ao 3 e de água salobra nos demais (Figura 2). A distribuição da salinidade no interior do estuário é influenciada pela hidrodinâmica e variação sazonal da vazão (Berrêdo *et al.*, 2008; Laut *et al.*, 2014; Rosário *et al.*, 2016), de modo que as baixas salinidades registradas no período chuvoso resultam do aumento da vazão do rio e, conseqüentemente, do aporte de água fluvial no interior do estuário, enquanto que os valores mais elevados observados no período seco se devem à redução da vazão e ao aumento da intrusão de água do mar por meio das correntes de maré.

Conforme esperado, a temperatura apresentou pouca variação nas duas estações e foi mais elevada durante o período seco (Figura 2), visto que a região do estuário do Real apresenta um clima subúmido a seco que é quente e com chuvas ocasionais concentradas em poucos meses do ano (Netto, 2017).

Foram registrados valores de oxigênio dissolvido abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas ( $\geq 6 \text{ mg/L}^{-1}$ ) e salobras ( $\geq 5 \text{ mg/L}^{-1}$ ) da Classe 1 (águas destinadas à recreação, proteção das comunidades aquáticas, aquicultura e pesca - Brasil, 2005) em quase todos os pontos durante as duas estações de amostragem (Figura 2). Este resultado é corroborado pelos valores negativos de Eh (ambiente redutor) que foram registrados em todos os pontos nos dois períodos (Figura 2). Os valores de oxigênio dissolvido (O.D) foram mais baixos durante a estação chuvosa, apresentando um ligeiro aumento em direção à montante, onde prevalece a influência fluvial. Na estação seca, os valores mais elevados foram observados nos dois primeiros pontos à jusante, devido à influência das águas oceânicas ricas em oxigênio.

Os valores de pH (Figura 2) indicam condições alcalinas em ambas as campanhas e encontram-se em conformidade com os limites da Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas e salobras (6,5–8,5) da Classe 1 (Brasil, 2005).



**Figura 2.** Variação dos parâmetros físico-químicos da água de fundo do estuário do Real durante as estações chuvosa (jul/2013) e seca (fev/2014). Quando possível, foram utilizados os valores de referência da Resolução CONAMA N°357/2005 (linhas pontilhadas) para comparação. **A**, salinidade; **B**, temperatura; **C**, oxigênio dissolvido; **D**, potencial hidrogeniônico (**pH**); **E**, potencial redox (**Eh**).

**Figure 2.** Variation of physico-chemical parameters of the bottom water of the Real estuary during the rainy season (Jul/2013) and dry season (Feb/2014). When possible, the reference values of CONAMA Resolution No. 357/2005 (dotted lines) were used for comparison. **A**, salinity; **B**, temperature; **C**, dissolved oxygen; **D**, hydrogen potential (**pH**); **E**, redox potential (**Eh**).

Em ambas as amostragens, a fração granulométrica predominante foi areia fina, seguida das frações areia média e areia grossa, sugerindo uma condição intermediária de energia hidrodinâmica no estuário do Real (Figura 3). O predomínio de areia dificulta a retenção de matéria orgânica entre os poros do sedimento e o torna pobre em nutrientes (Rubio *et al.*, 2000; Santos *et al.*, 2013), o que explica os baixos teores registrados em ambas as estações (Figura 3).

Houve variação sazonal significativa para os teores de Ca (Mann-Whitney:  $p = 0,0153$ ), As (Mann-Whitney:  $p = 0,0042$ ) e Al (Mann-Whitney:  $p = 0,0004$ ). As concentrações de arsênio (As) no sedimento, em ambas as estações, são baixas quando comparadas aos limites de referência (As: 4.900 mg/g – N2) da Resolução CONAMA 454/2012 (Brasil, 2012), de modo que não devem estar causando efeitos adversos à biota do estuário do Real (Tabela 1). Já as concentrações de magnésio (Mg) e ferro (Fe) apresentaram valores elevados quando comparadas aos limites do *Environment Canada* (2003). O magnésio apresentou valores acima do limite de referência (Mg: 0,040 mg/g – SEL), nos pontos P01 (período seco) e P03 (em ambos os períodos hidrológicos) e no P05 (período seco), provavelmente devido à influência das águas marinhas, uma vez que estas têm grandes concentrações de magnésio, cálcio, potássio, cloro e enxofre (Silva, 2014) (Tabela 1). Portanto, as elevadas concentrações deste elemento são oriundas de fontes primárias. Por outro lado, as concentrações dos metais pesados, a exemplo do ferro, costumam ter origem natural na composição dos minerais que apresentam na sua constituição os mesmos elementos na forma natural (Araújo & Pinto Filho, 2010), uma vez que boa parte do estuário do Real é composta por argissolos exibindo uma coloração vermelha e teores de ferro (Costa, 2011). Porém, os valores deste elemento estão acima dos limites de referência (Fe: 1,000 mg/g – SEL) do *Environment Canada* (2003), somente no ponto P08, localizado à montante do estuário, podem estar associados às principais atividades econômicas desenvolvidas na região, a exemplo das atividades industrial, agrícola, pecuária ou de carcinicultura (Figura 1). Não foram

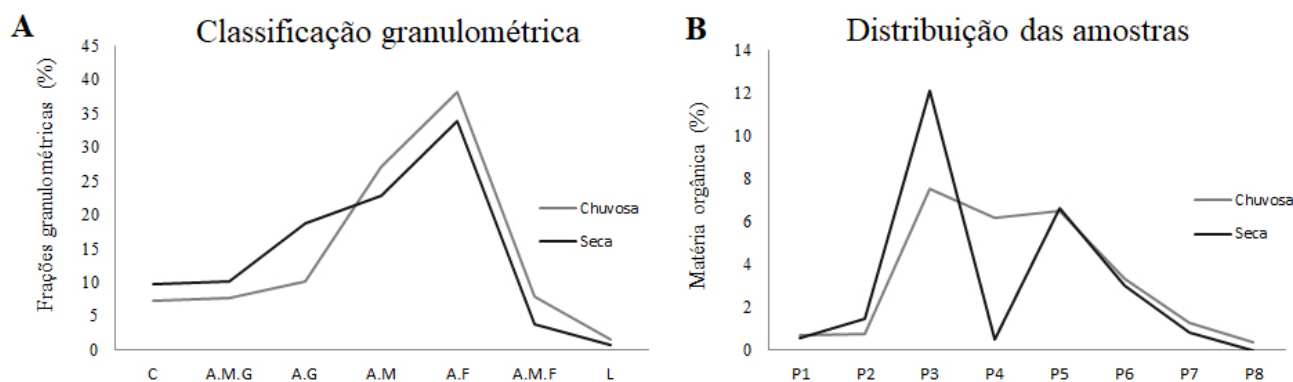
encontrados, na legislação brasileira e nem nas normatizações de outros países, valores limites para as espécies químicas K, Al, B, Si e Ca nos sedimentos, impossibilitando a avaliação destes elementos (Figura 4; Tabela 1).

### Associação de foraminíferos

No período chuvoso, foram encontrados 324 indivíduos, sendo *Trochammina inflata* (75,85%) a única espécie principal (Fr > 5%) (Tabela 2). As espécies de *Trochammina* são comuns em águas estuarinas com baixas salinidades (Murray, 2006), além disso, *T. inflata* é típica de ambientes de água salobra e mal oxigenada (McGann *et al.*, 2019) tais como o estuário do Real durante a estação chuvosa (Figuras 5A e C).

Neste mesmo período, porém, nas amostras coletadas por Farias (2014), foram encontrados 298 indivíduos, dos quais destacam-se *Trochammina inflata* (40,60%), *Quinqueloculina lamarckiana* (9,73%), *Ammonia tepida* (8,05%) e *T. globigeriniformis* (5,70%) como espécies principais (Tabela 2). *Quinqueloculina* é um gênero típico de ambiente marinho ou hipersalino (salinidade 32 a 65), bem oxigenado e de alta energia hidrodinâmica, cujas espécies ocorrem preferencialmente associadas a sedimentos arenosos de composição carbonática e predominantemente em ambientes recifais (Murray, 2006). Assim, o predomínio de *Q. lamarckiana*, uma espécie comumente encontrada em sedimento de praia (Phleger, 1960), se deve ao seu transporte pelas correntes de maré. Já o gênero *Ammonia* é característico de ambientes de plataforma rasa e costeiros de latitudes temperadas a tropicais e com sedimento areno-lamoso; e é extremamente tolerante a variações de salinidade (marinha, mixohalina ou hipersalina) (Murray, 2006; Farias, 2015) (Figura 5A).

Na estação seca, foram registrados 148 indivíduos, sendo identificadas 14 espécies, das quais *Quinqueloculina lamarckiana* (21,19%), *Trochammina inflata* (10,60%), *Trochammina* sp. (10,60%), *Nonion sinensis* (5,96%), *Quinqueloculina bicornis* (5,96%) e *Peneroplis proteus* (5,96%) foram consideradas as principais (Tabela 2).



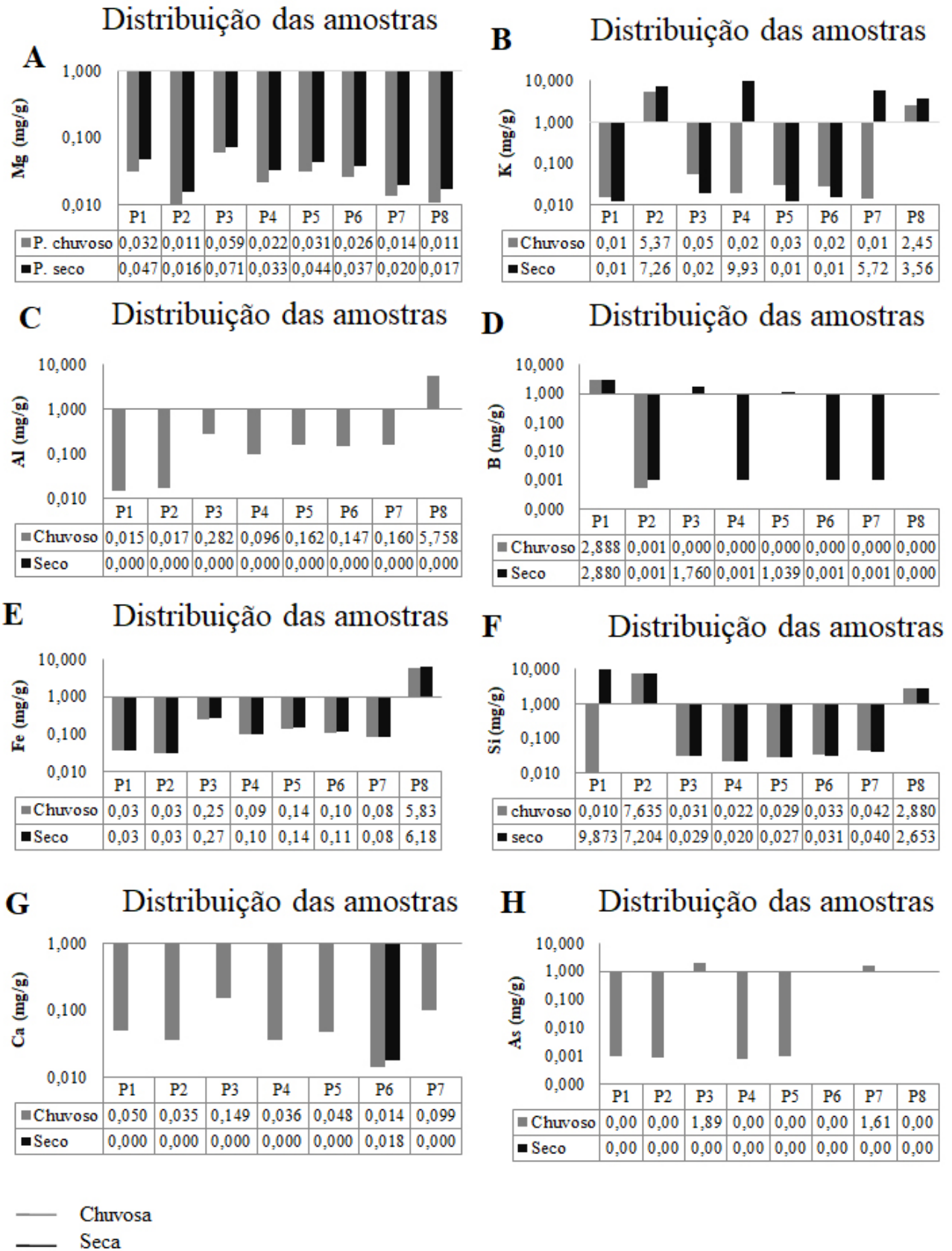
**Figura 3.** A, frações granulométricas; B, matéria orgânica (M.O) do sedimento do estuário do Real, durante as estações chuvosa (jul/2013) e seca (fev/2014). **Abreviações:** C, cascalho; A.M.G, areia muito grossa; A.G, areia grossa; A.M, areia média; A.F, areia fina; A.M.F, areia muito fina; L, lama.

**Figure 3.** A, Granulometric fractions; B, organic matter (M.O) of the sediment of the Real estuary, during the rainy (Jul/2013) and dry (Feb/2014) seasons. **Abbreviations:** C, gravel; A.M.G, very coarse sand; A.G, coarse sand; A.M, medium sand; A.F, fine sand; A.M.F, very fine sand; L, mud.

**Tabela 1.** Concentrações de metais (mg/g) de sedimentos do canal estuarino do Real, para os períodos chuvoso (C1 – jul/2013) e seco (C2 – fev/2014).  
**Table 1.** Metal concentrations (mg/g) of sediments from the Real estuarine channel, for the rainy (C1 – Jul/2013) and dry (C2 – Feb/2014) periods.

PONTOS	Mg		K		Ca		As		Al		V		B		Fe		Si	
	C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2
RP1	0,032	0,047	0,015	0,012	0,050	0,000	0,001	0,000	0,015	0,000	<LD	2,888	2,880	0,036	0,037	0,010	9,873	
RP2	0,011	0,016	5,375	7,265	0,035	0,000	0,001	0,000	0,017	0,000	<LD	0,001	0,001	0,030	0,032	7,635	7,204	
RP3	0,059	0,071	0,054	0,020	0,149	0,000	1,895	0,000	0,282	0,000	<LD	0,000	1,760	0,257	0,270	0,031	0,029	
RP4	0,022	0,033	0,020	9,932	0,036	0,000	0,001	0,000	0,096	0,000	<LD	0,000	0,001	0,097	0,101	0,022	0,020	
RP5	0,031	0,044	0,031	0,012	0,048	0,000	0,001	0,000	0,162	0,000	<LD	0,000	1,039	0,140	0,147	0,029	0,027	
RP6	0,026	0,037	0,028	0,016	0,014	0,018	0,000	0,000	0,147	0,000	<LD	0,000	0,001	0,109	0,115	0,033	0,031	
RP7	0,014	0,020	0,015	5,727	0,099	0,000	1,614	0,000	0,160	0,000	<LD	0,000	0,001	0,083	0,088	0,042	0,040	
RP8	0,011	0,017	2,457	3,562	2,581	5,753	0,000	0,000	5,758	0,000	<LD	0,000	0,000	5,839	6,189	2,880	2,653	
CONAMA (2012) N1	ni		ni		ni		130321		ni		ni		ni		ni		ni	
CONAMA (2012) N2	ni		ni		ni		4900		ni		ni		ni		ni		ni	
CEQG (2001) TEL	n.i		n.i		n.i		7,240		n.i		n.i		n.i		n.i		n.i	
CEQG (2001) PEL	n.i		n.i		n.i		41,600		n.i		n.i		n.i		n.i		n.i	
EC, 2003 LEL	0,006		n.i		n.i		n.i		n.i		n.i		n.i		0,002		n.i	
EC, 2003 SEL	0,040		n.i		n.i		n.i		n.i		n.i		n.i		1,000		n.i	
NETHERLANDS (2000) TV	n.i		n.i		n.i		0,029		n.i		0,042		n.i		n.i		n.i	

Resolução CONAMA N° 454/2012 (Brasil, 2012); Environment Canada (2003); Canadian Environmental Quality Guidelines (CCME, 2001) e Netherlands (2000). Códigos: N1, TEL, LEL e TV = limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota; N2, PEL e SEL = limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota; n.i: não identificado.



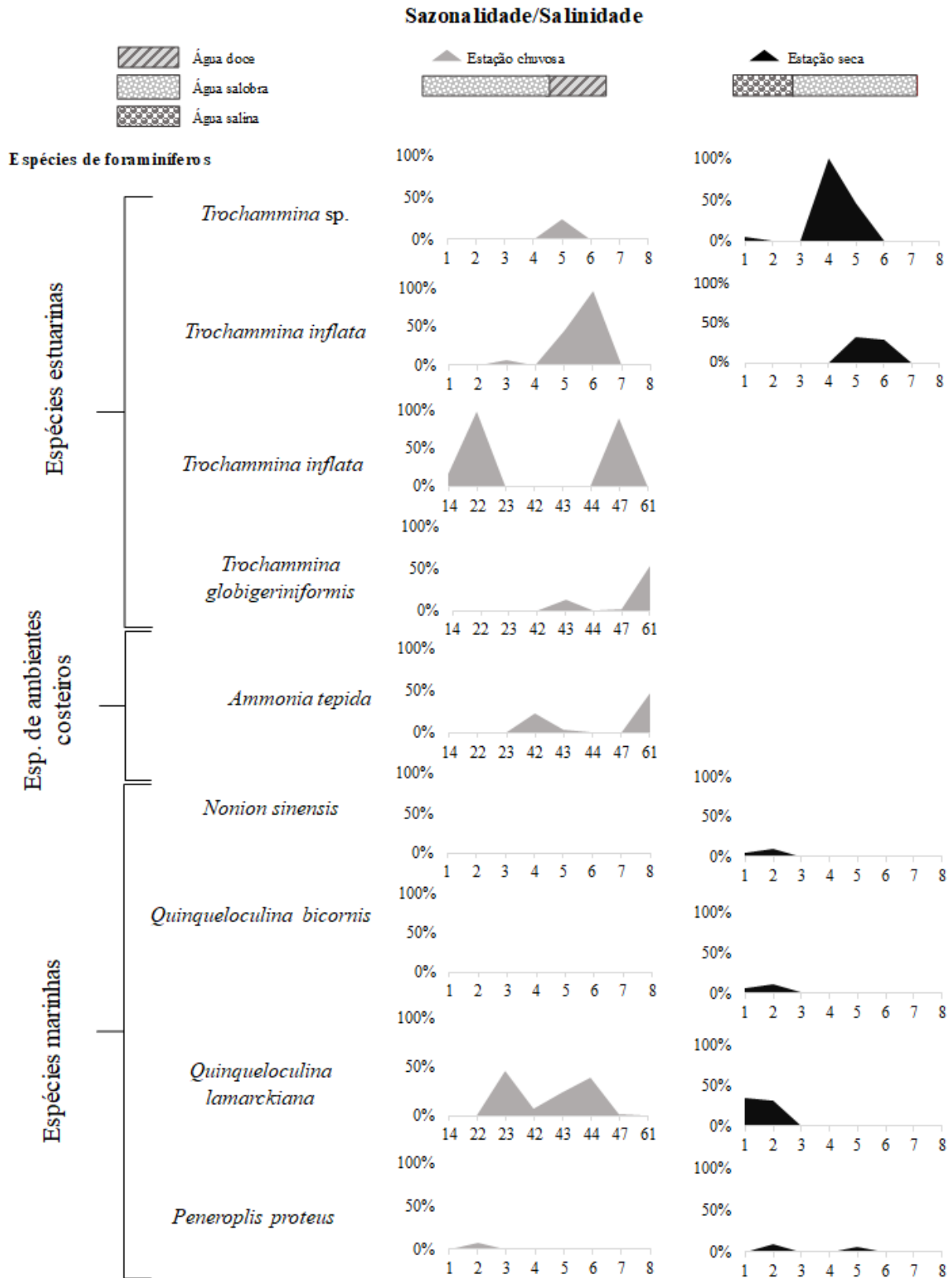
**Figura 4.** Representação gráfica logaritimizada dos dados dos metais (mg/g) em sedimentos do estuário do Real durante as estações chuvosa (jul/2013) e seca (fev/2014).

**Figure 4.** Logarithmized graphical representation of metal data (mg/g) in sediments from the Real estuary during the rainy season (Jul/2013) and dry season (Feb/2014).



**Tabela 2.** Abundância absoluta (N) e relativa (AR) e índices ecológicos das espécies de foraminíferos registradas no estuário do Real, concernentes à estação chuvosa (I – jul/2013) e estação seca (II – fev/2014).  
**Table 2.** Absolute (N) and relative (AR) abundance and ecological indexes of foraminifera species recorded in the Real estuary, concerning the rainy season (I – Jul/2013) and dry season (II – Feb/2014).

		PONTOS AMOSTRAIS																				
ESTUÁRIO DO REAL		RI1	RI2	RI3	RI4	RI5	RI6	RI7	RI8	N	AR	RII1	RII2	RII3	RII4	RII5	RII6	RII7	RII8	N	AR	
ESPÉCIES																						
<i>Ammonia beccarii</i>		0	0	1	0	1	0	0	0	2	0,62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
<i>Ammonia tepida</i>		0	0	3	0	0	0	0	0	3	0,93	0	3	0	0	0	1	0	0	0	4	2,65
<i>Amphistegina lessonii</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,66
<i>Cibicides concentrica</i>		0	1	0	0	0	0	0	1	2	0,62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
<i>Cibicides lobatulus</i>		1	0	0	0	8	5	0	0	14	4,33	1	2	0	0	0	0	0	0	0	3	1,99
<i>Cibicides</i> sp.		0	0	0	0	3	0	0	0	3	0,93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
<i>Cornuspira</i> sp.		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,66
<i>Criboelphidium excavatum</i>		0	2	0	0	0	0	0	0	2	0,62	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	1,32
<i>Criboelphidium poeyanum</i>		0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,31	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	1,99
<i>Globigerina rubra</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5	3,31
<i>Hyalinea baltica</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	1,32
<i>Nonionella auris</i>		0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,31	0	2	0	0	0	0	0	0	0	4	2,65
<i>Nonion sinensis</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	1	8	0	0	0	0	0	0	0	9	5,96
<i>Nonion</i> sp.		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,66
<i>Peneroplis proteus</i>		0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,31	0	7	0	0	0	0	0	0	0	9	5,96
<i>Peneroplis bradyi</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,66
<i>Portatrochammina globigeriniformis</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	4	0	0	0	4	2,65
<i>Quinqueloculina auberiana</i>		0	4	0	0	2	0	0	0	6	1,86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
<i>Quinqueloculina angularis</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4	2,65
<i>Quinqueloculina agglutinans</i>		2	0	2	0	0	0	0	7	13	4,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
<i>Quinqueloculina bicarinata</i>		0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
<i>Quinqueloculina bicornis</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	1	8	0	0	0	0	0	0	0	9	5,96
<i>Quinqueloculina bicostata</i>		0	0	1	0	0	0	0	0	1	0,31	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,66
<i>Quinqueloculina bradyana</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	4	0	0	0	1	0	0	0	5	3,31
<i>Quinqueloculina candeiana</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	1,32
<i>Quinqueloculina contorta</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,66
<i>Quinqueloculina lamarekiana</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	7	25	0	0	0	0	0	0	0	32	21,19
<i>Quinqueloculina</i> sp.		0	3	2	0	0	2	0	0	7	2,17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,66
<i>Quinqueloculina seminula</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2,65
<i>Septotextularia rugosa</i>		0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
<i>Spiroloculina communis</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	1	1	0	0	0	0	0	0	0	5	3,31
<i>Textularia agglutinans</i>		0	0	0	1	0	0	0	0	1	0,31	1	5	0	0	0	0	0	0	0	6	3,97
<i>Triloculina frigida</i>		0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
<i>Trochammina inflata</i>		0	0	1	0	22	222	0	0	245	75,85	0	0	0	0	10	6	0	0	16	10,60	
<i>Trochammina plana discorbis</i>		0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
<i>Trochammina</i> sp.		0	0	0	0	11	0	0	0	11	3,41	1	0	0	1	14	0	0	0	16	10,60	
N por ponto		3	14	10	5	47	230	0	8	-	20	79	1	1	30	20	0	0	0	-	-	-



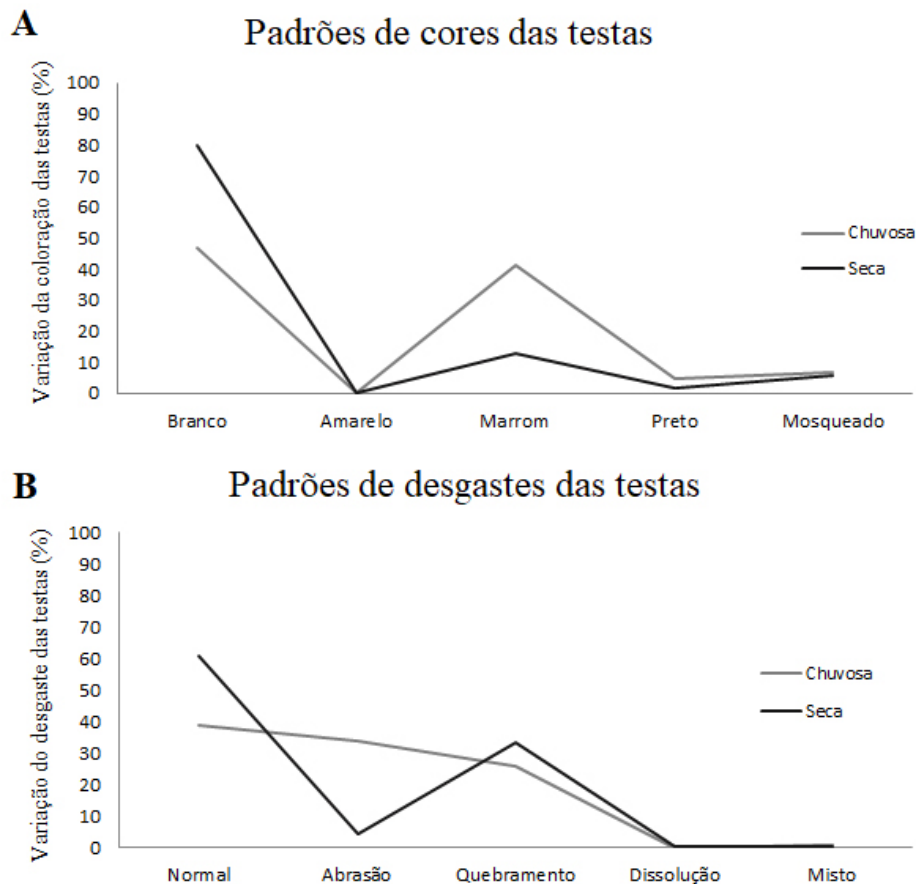
**Figura 5.** Distribuição das espécies de foraminíferos associados aos dados de frequência relativa (FR) e dados de salinidade, registrados no estuário do Real nas estações chuvosa (jul/2013 – gráficos azuis), seca (fev/2014 – gráficos vermelhos) e dados de Farias (2014), na estação chuvosa (abr/2014 – gráficos verdes).  
**Figure 5.** Distribution of foraminifera species associated with relative frequency (RF) and salinity data, recorded in the Real estuary in the rainy (Jul/2013 – blue graphics), dry (Feb/2014 – red graphics) and data from Farias (2014), in the rainy season (Apr/2014 – green graphics).

A espécie *Peneroplis proteus* é comumente encontrada em lagoas, ambiente recifal e plataforma rasa, e apresenta testas robustas que lhe conferem maior resistência à energia hidrodinâmica (Araújo & Araújo, 2010), o que explica seu elevado número de testas preservadas encontradas dentro do estuário. *Nonion* também é um gênero marinho que vive em substratos lamosos na zona nerítica (Murray, 2006), portanto o predomínio de *Nonion sinensis* também está relacionado ao transporte. O mesmo ocorreu com *Quinqueloculina lamarckiana* e *Q. bicornis* (Figura 5, gráficos azuis e vermelhos).

Segundo Moraes & Machado (2003), após a sua morte, a coloração das carapaças dos foraminíferos pode ser utilizada para interpretar taxas de deposição, erosão e retrabalhamento do sedimento já que altos percentuais de testas: (i) pretas indicam uma elevada taxa de retrabalhamento do sedimento por organismos; (ii) marrons correspondem a uma frequente erosão da zona oxidante e/ou intensa ação de bioturbadores associadas a leves taxas de sedimentação; (iii) amarelas sugerem que os fenômenos anteriormente descritos acontecem em uma velocidade tão baixa que possibilita a oxidação dos grãos marrons; (iv) brancas podem significar novas adições ao sedimento ou que os grãos escuros permaneceram na superfície por tempo suficiente para serem totalmente oxidados; e (v) mosqueados representam um estágio

intermediário, podendo passar a apresentar qualquer uma das cores citadas anteriormente de acordo com o meio a que sejam expostas. Estas mesmas autoras afirmam também que o desgaste das testas traz informações quanto ao seu transporte e/ou ambiente de deposição, pois a dissolução ocorre geralmente em ambientes de baixa energia e com sedimento rico em matéria orgânica; a abrasão prevalece em locais de alta energia, sendo mais severa em ambientes rasos e relativamente expostos; a fragmentação também é mais elevada em condições de alta energia, mas não indica nenhum ambiente específico de deposição porque pode resultar de diversos processos físicos, químicos e biológicos; e os desgastes mistos podem estar associados ao tempo de deposição no sedimento ou à submissão consecutiva a mais de um tipo de desgaste.

Sendo assim, o elevado índice de grãos brancos registrado em ambas as estações de amostragem é indicativo de uma taxa de deposição muito rápida com novas adições ao sedimento, o que é corroborado pelo elevado número de testas normais (Figura 6). Já as testas marrons e as que apresentaram fragmentação em ambas as estações (estação chuvosa e seca) e abrasão na estação chuvosa indicam que houve o transporte destes espécimes para dentro do estuário e aumento de sedimentação grossa em ambas as estações, resultado corroborado pelo aumento da descarga fluvial



**Figura 6.** Frequência relativa dos tipos de coloração e desgaste dos foraminíferos no estuário do Real durante as estações chuvosa (jul/2013) e seca (fev/2014).  
**Figure 6.** Relative frequency of foraminifera color and wear types in the Real estuary during the rainy (Jul/2013) and dry (Feb/2014) seasons.

durante o período chuvoso e depósito de sedimentos trazidos do continente (saltação) e aumento da presença de espécies marinhas na estação seca (Figuras 3 e 5).

Durante a estação chuvosa (jul/2013), a espécie *Trochammina inflata* apresentou correlação positiva apenas com areia muito fina e lama, o que já era esperado já que a espécie é típica de ambiente estuarino (McGann *et al.*, 2019). A relação positiva entre pH e matéria orgânica (M.O) se deve ao fato de que a incorporação dos compostos orgânicos ao sedimento ocorre em condições nas quais o pH está mais elevado (Reis & Rodella, 2002) (Tabela 3). Já a correlação positiva exibida entre areia muito fina, lama e M.O ocorre porque sedimentos mais finos possuem uma grande superfície específica das partículas que, por sua vez, aumenta a adsorção superficial da matéria orgânica e contribui para a maior capacidade de retenção de material orgânico, outra razão está na velocidade de deposição do conteúdo orgânico no sedimento que é feita de maneira lenta e sua decomposição é gradual (Barcellos & Furtado, 1999; Coringa *et al.*, 2016) (Tabela 3).

Na estação seca (fev/2014), as espécies *Nonion sinensis*, *Quinqueloculina bicornis* e *Q. lamarckiana* apresentaram correlação positiva com salinidade e oxigênio dissolvido (O.D), corroborando o transporte destas espécies para dentro do estuário. A espécie *Peneroplis proteus* exibiu correlação positiva com areia muito fina, confirmando o transporte de suas testas e deposição destas em áreas de menor energia. Além disso, os dados da granulometria e matéria orgânica (M.O) repetiram os resultados exibidos no período chuvoso, apresentando uma correlação positiva entre areia muito fina, lama e M.O (Tabela 4).

## CONCLUSÕES

O estuário do Real é ambiente redutor, alcalino, de moderada energia hidrodinâmica (predomínio da fração areia) e baixa concentração de matéria orgânica. As variações da salinidade e da distribuição de oxigênio dissolvido neste ambiente são consequências da variação sazonal e padrões

**Tabela 3.** Matriz de Correlação de Spearman para abundância relativa (AR) das espécies de foraminíferos, pH, areia muito fina (A.M.F), lama (L) e matéria orgânica (M.O) registrados para o estuário do Real, concernentes à estação chuvosa – C1 (jul/2013). Correlações em negrito são significativas para  $P < 0,05$ . **Abreviações:** **Tinfl**, *Trochammina inflata*.

**Table 3.** Spearman's Correlation Matrix for relative abundance (AR) of foraminifera species, pH, very fine sand (MFA), mud (L) and organic matter (MO) recorded for the Real estuary, concerning the rainy season – C1 (Jul/2013). Correlations in bold are significant for  $P < 0.05$ . **Abbreviations:** **Tinfl**, *Trochammina inflata*.

C1	Tinfl	pH	A.M.F	L	M.O
Tinfl	1,0000	0,2455	0,7910	0,7910	0,6274
pH	0,2455	1,0000	0,5952	0,5952	0,7619
A.M.F	0,7910	0,5952	1,0000	0,8571	0,8571
L	0,7910	0,5952	0,8571	1,0000	0,9286
M.O	0,6274	0,7619	0,8571	0,9286	1,0000

**Tabela 4.** Matriz de Correlação de Spearman para abundância relativa (AR) das espécies de foraminíferos, oxigênio dissolvido (O.D), areia muito fina (A.M.F), lama (L) e matéria orgânica (M.O) registrados para o estuário do Real, concernentes à estação seca – C2 (fev/2014). Correlações em negrito são significativas para  $P < 0,05$ . **Abreviações:** **Nsin**, *Nonion sinensis*; **Ppro**, *Peneroplis proteus*; **Qbic**, *Quinqueloculina bicornis*; **Qlam**, *Quinqueloculina lamarckiana*; **S**, salinidade.

**Table 4.** Spearman's Correlation Matrix for relative abundance (AR) of foraminifera species, dissolved oxygen (OD), very fine sand (AMF), mud (L) and organic matter (MO) recorded for the Real estuary, concerning the dry season – C2 (Feb/2014). Correlations in bold are significant for  $P < 0.05$ . **Abbreviations:** **Nsin**, *Nonion sinensis*; **PPro**, *Peneroplis proteus*; **Qbic**, *Quinqueloculina bicornis*; **Qlam**, *Quinqueloculina lamarckiana*; **S**, salinity.

C2	Nsin	Ppro	Qbicor	Qlam	S	O.D.	A.M.F.	L	M.O
Nsin	1,0000	0,5000	1,0000	0,9592	0,7638	0,7638	0,0779	-0,4832	-0,0935
Ppro	0,5000	1,0000	0,5000	0,3163	0,4364	0,5455	0,7326	0,0623	0,3429
Qbicor	1,0000	0,5000	1,0000	0,9592	0,7638	0,7638	0,0779	-0,4832	-0,0935
Qlam	0,9592	0,3163	0,9592	1,0000	0,7326	0,7326	-0,0779	-0,5144	-0,1559
S	0,7638	0,4364	0,7638	0,7326	1,0000	0,7143	0,3571	0,0238	0,2857
O.D.	0,7638	0,5455	0,7638	0,7326	0,7143	1,0000	0,2619	-0,1905	0,1905
A.M.F.	0,0779	0,7326	0,0779	-0,0779	0,3571	0,2619	1,0000	0,7143	0,8571
L	-0,4832	0,0623	-0,4832	-0,5144	0,0238	-0,1905	0,7143	1,0000	0,8810
M.O	-0,0935	0,3429	-0,0935	-0,1559	0,2857	0,1905	0,8571	0,8810	1,0000

hidrodinâmicos, visto que durante o período chuvoso ocorre aumento da vazão do rio e aporte de água fluvial pouco oxigenada para dentro do canal, enquanto no período seco os valores aumentam, principalmente nos pontos à jusante, devido à intrusão de água do mar por meio das correntes de maré. Estas condições justificam o predomínio de *Trochammina inflata*, *Ammonia tepida* e *Trochammina globigeriniformis* na estação chuvosa e de *Trochammina* sp. no período seco, já que são espécies que sobrevivem em ambientes de baixa salinidade e mal oxigenados; enquanto *Nonion sinensis*, *Peneroplis proteus*, *Quinqueloculina bicornis* e *Q. lamarckiana* são abundantes no período seco porque foram transportadas pelas marés para dentro do estuário.

O predomínio de testas brancas e normais indica que esta fauna é recente e, portanto, caracteriza as condições prevalentes no estuário atual. Além disso, o aumento dos teores de abrasão (estação chuvosa) e fragmentação em ambas as estações (estação chuvosa e seca) confirma a prevalência de sedimentação de granulometria mais grossa, devido ao aumento da descarga fluvial e ocorrência de espécimes marinhas dentro do estuário, respectivamente.

Os teores de As exibiram valores abaixo dos limites, em ambos os períodos hidrológicos e as concentrações de Ca e Al variaram significativamente entre as estações de amostragem, mas estes elementos não representam risco adversos à biota do estuário do Real. Já os teores de Mg, que são oriundos de fontes primárias, e do Fe, que é pontual e parece ser resultante de atividade antrópica, embora estejam acima dos limites de referência, não parecem estar causando alterações no equilíbrio do ecossistema local, já que não foram constatadas anomalias nas testas dos foraminíferos.

Apesar da predominância da fração areia, característica granulométrica do estuário do Real, a distribuição espacial das associações de foraminíferos bentônicos é reflexo das variações sazonais, e também pelo aporte de águas marinhas ao longo do canal estuarino. Os resultados abióticos correlacionados com a distribuição das espécies de foraminíferos mostraram uma dominância das espécies *Ammonia tepida* e *Trochammina inflata*, ambas muito tolerantes as diversas condições ambientais e hidrológicas, sendo portanto amplamente distribuídas na região.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Estudos do Petróleo (LEPETRO-IFBA) pela realização das análises geoquímicas do sedimento, a F.F. de Farias por disponibilizar as amostras de sedimento utilizadas nas análises de foraminíferos, e pelo apoio e concessão da bolsa do doutorado, através do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – Código de Financiamento (Proc. 140437/2018-5).

## REFERÊNCIAS

- Araújo, J.B.S. & Pinto Filho, J.L.O. 2010. Identificação de fontes poluidoras de metais pesados nos solos da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró/RN, na área urbana de Mossoró-RN. *Revista do Grupo Verde de Agricultura Alternativa*, **5**:80–94.
- Araújo, T.M.F. & Araújo, H.A.B. 2010. Assembleias de foraminíferos dos sedimentos superficiais da plataforma continental e talude superior do norte da Bahia. *Revista de Geologia*, **23**:115–134.
- American Society for Testing and Materials (ASTM). 1992. *Standard practice for Extraction of Trace Elements from Sediments*. Book 11.02. West Conshohocken, ASTM International.
- Azevedo, I.H.S. 2014. *Caracterização biogeoquímica do sistema estuarino dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha, Litoral Sul do Estado da Bahia*. Programa de Pós-Graduação em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente, Universidade Federal da Bahia, Dissertação de Mestrado, 133 p.
- Azevedo, I.H.S.; Moraes, S.S.; Queiroz, A.F.S.; Silva, A.C.M.; Escobar, N.F.C. & Gonzaga, F.C. 2019. Estudo de caracterização geoquímica e das associações de foraminíferos parálisos do sistema estuarino do rio Jequitinhonha, Litoral Sul da Bahia. *Geochimica Brasiliensis*, **33**:143–164. doi:10.21715/GB2358-2812.2019332144
- Barcellos, R.L. & Furtado, V.V. 1999. Modern sedimentary processes and the distribution of organic carbon and nitrogen in São Sebastião Channel (SP) and adjacent inner shelf. *Revista Brasileira de Oceanografia*, **47**:207–221. doi:10.1590/S1413-77391999000200008
- Berrêdo, J.F.; Costa, M.L. & Progene, M.P.S. 2008. Efeitos das variações sazonais do clima tropical úmido sobre as águas e sedimentos de manguezais do estuário do rio Marapanim, costa nordeste do Estado do Pará. *Acta Amazonica*, **38**:473–482. doi:10.1590/S0044-59672008000300012
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 357, 17 mar. 2005. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>; acesso em 20/05/2019.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 454, 01 nov. 2012. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=693>; acesso em 15/04/2019.
- Burford, M.A.; Webster, I.T.; Revill, A.T.; Kenyon, R.A.; Whittle, M. & Curwen, G. 2012. Controls on phytoplankton productivity in a wet-dry tropical estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **113**:141–151. doi:10.1016/j.ecss.2012.07.017
- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). 2014. Canadian soil quality guidelines for the protection of environmental and human health. Disponível em [https://www.ccme.ca/en/resources/canadian\\_environmental\\_quality\\_guidelines/index.html](https://www.ccme.ca/en/resources/canadian_environmental_quality_guidelines/index.html); acesso em 13/03/2019.
- Carvalho, M.E.S. & Fontes, A.L. 2007. A carcinicultura no espaço litorâneo sergipano. *Revista da Fapeso*, **3**:87–112.
- Coringa, J.E.S.; Pezza, L.; Coringa, E.A.O. & Weber, O.L.S. 2016. Distribuição geoquímica e biodisponibilidade de metais traço em sedimentos no Rio Bento Gomes, Poconé-MT, Brasil. *Acta Amazonica*, **46**:161–174. doi:10.1590/1809-4392201502215
- Costa, B.G. 2011. *A bacia inferior do rio Real: uma análise sócioambiental*. Programa de Pós-graduação em Geografia,

- Universidade Federal de Sergipe, Dissertação de Mestrado, 133 p.
- Cotter, T.L. & Hallock P. 1988. Test surface degradation in *Archaias angulatus*. *Journal of Foraminifera Research*, **18**:187–202. doi:10.2113/gsjfr.18.3.187
- D'Aquino, C.A.; Neto, J.S.A.; Barreto, G.A.M. & Schettini, A.F. 2011. Caracterização oceanográfica e do transporte de sedimentos em suspensão no estuário do Rio Mampituba, SC. *Revista Brasileira de Geofísica*, **29**: 217–230. doi:10.1590/S0102-261X2011000200001
- Dajoz, R. 1983. *Ecologia geral*. 2.ed. Petrópolis, Vozes, 472 p.
- Duleba, W. & Debenay, J.-P. 2003. Hydrodynamic circulation in the estuaries of Estação Ecológica Juréia-Itatins, Brazil, inferred from foraminifera and thecamoebian assemblages. *Journal of Foraminiferal Research*, **33**:62–93. doi:10.2113/0330062
- Duleba, W.; Teodoro, A.C.; Debenay, J.-P.; Alves, M.; Virgínia, M.; Gubitoso, S.; Pregnoiato, L. A.; Lerena, L.M.; Prada, S.M. & Bevilacqua, J.E. 2018. Environmental impact of the largest petroleum terminal in SE Brazil: A multiproxy analysis is based on sediment geochemistry and living benthic foraminifera. *PLoS ONE*, **13**:1–30. doi:10.1371/journal.pone.0191446
- Dyer, K.R. 1995. Sediment transport processes in estuaries. In: G. Perillo (ed.) *Geomorphology and Sedimentology of Estuaries: Developments in Sedimentology*, Elsevier Science B.V, p. 423–449.
- Eichler, P.P.B.; Eichler, B.B.; Gupta, B.S. & Rodrigues, A.R. 2012. Foraminifera as indicators of marine pollutant contamination on the inner continental shelf of southern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, **64**:22–30. doi:10.1016/j.marpolbul.2011.10.032
- EMBRAPA. 2009. *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. 2ª ed. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 627 p.
- Environment Canada. 2003. Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life. Disponível em <http://www.ec.gc.ca/ceqg-rcqe/English/Pdf/sedimentsummarytable.html>; acesso em 05/2020.
- Farias, C.L.C. 2015. *Foraminíferos como ferramenta de estudo na geologia ambiental do estuário do rio Potengi da Plataforma Interna, RN, Brasil*. Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Dissertação de Mestrado, 161 p.
- Farias, F.F. 2014. *Condições de sedimentação e preenchimento dos estuários Itapicuru e Real, Litoral Norte do Estado da Bahia, Brasil*. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Tese de Doutorado, 124 p.
- Gomes, R.C.T. 2010. *Caracterização da fauna de foraminíferos da zona euhalina do estuário do rio Jacuípe - Camaçari-Ba*. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Tese de Doutorado, 100 p.
- Guimarães, P.R.B. 2008. *Métodos quantitativos estatísticos*. Curitiba, IESDE Brasil S.A., 245 p.
- Kelts, K. 1988. Environments of deposition of lacustrine source rocks: an introduction. In: A.J. Fleet; K. Kelts & M.R. Talbot (eds.) *Lacustrine petroleum source rocks*, Geological Society Special Publication, vol. 40, p. 3–26.
- Laut, L.L.M. *et al.* 2014. Compartimentos ambientais do estuário do Rio Arade, sul de Portugal, com base na distribuição e ecologia de foraminíferos. *Anuário do Instituto de Geociências*, **37**:60–74. doi:10.11137/2014\_2\_60\_74
- Leão, Z.M.A.N. & Machado, A.J. 1989. Variação de cor dos grãos carbonáticos de sedimentos marinhos atuais. *Revista Brasileira de Geociências*, **19**:87–91.
- Marino, M.T.R.D. & Freire, G.S.S. 2013. Analysis of the shoreline evolution between the Future and Porto das Dunas Beaches, Fortaleza Metropolitan Region (FMR), Ceará State, Brazil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, **13**:113–129.
- McGann, M.; Grossman, E.E.; Takesue, R.K.; Penttila, D. & Walsh, J.P. 2019. Arrival and expansion of the invasive foraminifera *Trochammina hadai* Uchio in Padilla Bay, Washington. *Northwest Scientific Association*, **86**:9–26. doi:10.3955/046.086.0102
- Miranda, L.B.; Castro, B.M. & Kjerfve, B. 2012. *Princípios de oceanografia física de estuários*. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo (EDUSP), 426 p.
- Moraes, S.S. 2001. *Interpretações da hidrodinâmica e dos tipos de transporte a partir do estudo de foraminíferos recentes dos recifes costeiros da praia do Forte e de Itacimirim, litoral norte do Estado da Bahia*. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Dissertação de Mestrado, 98 p.
- Moraes, S.S. & Machado, A.J. 2003. Avaliação das condições hidrodinâmicas de dois recifes costeiros do litoral norte do Estado da Bahia. *Revista Brasileira de Geociências*, **33**:201–210. doi:10.25249/0375-7536.2003332201210
- Mudie, P.E.J. & Yanko-Hombach, V. 2019. Microforaminiferal linings as proxies for paleosalinity and pollution: Danube Delta example. *Journal of Micropaleontology*, **65**:27–46. doi:10.47894/mpal.65.1.02
- Murray, J.W. 2006. *Ecology and applications of benthic foraminifera*. Cambridge, Cambridge University Press, 426 p.
- Netherlands/Ministerie van Volkshuisvesting. 2000. Circular on target values and intervention values for soil remediation. Disponível em [https://www.esdat.net/environmental%20standards/dutch/annexs\\_i2000dutch%20environmental%20standards.pdf](https://www.esdat.net/environmental%20standards/dutch/annexs_i2000dutch%20environmental%20standards.pdf); acesso em 05/2020.
- Netto, A.M. 2017. A zona costeira e marinha. In: J.M.C. Nunes & M.R.B. Matos (orgs.) *Litoral Norte da Bahia: Caracterização ambiental, biodiversidade e conservação*, Editora UFBA (EDUFBA), p. 15–28.
- Odum, E.P. & Barret, G.W. 2007. *Fundamentos de Ecologia*. São Paulo, Editora Thomson Pioneira, 616 p.
- Phleger, F.B. 1960. *Ecology and distribution of recent foraminifera*. Baltimore, The Johns Hopkins Press, 270 p.
- Pinto-Coelho, R.M. & Havens, K. 2015. *Crise nas águas. Educação, ciência e governança, juntas, evitando conflitos gerados por escassez e perda de qualidade das águas*. Belo Horizonte, Recóleo Editora, 162 p.
- Programa Monitora. 2014. Qualidade das águas do Estado da Bahia. RPGA do rio Real.
- Reis, T.C. & Rodella, A.A. 2002. Cinética de degradação da matéria orgânica e variação do pH do solo sob diferentes temperaturas. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, **26**:619–626.
- Rocha, R.S.S. 2016. *Caracterização dos estuários dos rios Sorójo e Marau, Baía de Camamu: relação entre a distribuição de foraminíferos recentes e os parâmetros físico-químicos e sedimentológicos*. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Dissertação de Mestrado, 98 p.
- Rodrigues, E.S. & Umbuzeiro, G.A. 2011. Integrating toxicity testing in the wastewater management of chemical storage terminals - A proposal based on a ten-year study. *Journal of Hazardous Materials*, **186**:1909–1915. doi:10.1016/j.jhazmat.2010.12.083

- Rosário, R.P.; Borba, T.A.C.; Santos, A.S. & Rollnic, M. 2016. Variability of salinity in Pará river estuary: 2d analysis with flexible mesh model. *Journal of Coastal Research*, **75**:128–132. doi:10.2112/SI75-026.1
- Rubio, B.; Nombela, M.A. & Vilas, F. 2000. Elements in sediments of the Ria de Vigo (NW Spain): an assessment of metal pollution. *Marine Pollution Bulletin*, **40**:968–980.
- Santos, E.S.; Jennerjahn, T.; Leipe, T.; Medeiros, P.R.P.; Souza, W.F.L.E. & Knoppers, B.A. 2013. Origem da matéria orgânica sedimentar no delta-estuarino do Rio São Francisco, AL/SE – Brasil. *Geochimica Brasiliensis*, **27**:37–48. doi:10.5327/Z0102-9800201300010004
- Santos, K.E.A. 2019. *Dinâmica biogeoquímica do estuário Guajarinó*. Graduação em Engenharia de Pesca, Universidade Federal Rural da Amazônia, Monografia, 55 p.
- Semensatto-Jr, D.L. & Dias-Brito, D. 2004. Análise ambiental de uma área parálica no delta do rio São Francisco, Sergipe-Brasil, com base na sinecologia de foraminíferos e tecamebas (protista). *Revista Brasileira de Paleontologia*, **7**:53–66. doi:10.4072/RBP.2004.1.04
- Sharifi, A.R.; Croudace, I.W. & Austin, R.L. 1991. Benthic foraminiferids as pollution indicators in Southampton Water, southern England, U. K. *Journal of Micropaleontology*, **10**:109–113. doi:10.1144/jm.10.1.109
- Silva, G.S. 2014. *Estudo geoquímico de sedimentos fluviais e estuarinos do rio Subaé-BA*. Programa de Pós-Graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Dissertação de Mestrado, 86 p.
- Small, C. & Nicholls, R.J. 2003. A global analysis of human settlement in coastal zones. *Journal of Coastal Research*, **19**:584–599. doi:10.2307/4299200
- Statsoft, Inc. 2007. Statistica (data analysis software system), version 7. Disponível em www.statsoft.com; acesso em 02/07/2018.
- Sundara Raja Reddy, B.C.; Jayaraju, N.; Sreenivasulu, G.; Suresh, U. & Reddy, A.N. 2016. Heavy metal pollution monitoring with foraminifera in the estuaries of Nellore coast, East coast of India. *Marine Pollution Bulletin*, **113**:542–551. doi:10.1016/j.marpolbul.2016.08.051
- Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI). 2006. *Uso atual das terras: Bacias dos Rios Itapicuru, Vaza-Barris e Real*. Salvador, 115 p.
- Wentworth, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, **30**:377–392. doi:10.1086/622910

Received in 13 March, 2021; accepted in 22 March, 2022.