

Interpretações Paleoambientais no Holoceno Tardio com Base em Foraminíferos e Bivalves no Estuário do Rio Real (Bahia-Sergipe)

Late Holocene Paleoenvironmental Interpretations Based on Foraminifera and Bivalves in the Estuary of Rio Real (Bahia-Sergipe)

Isabel Honorata de Souza AZEVEDO¹ , Altair de Jesus MACHADO¹ , Simone Souza de MORAES¹ , Ana Carina Matos SILVA² , André Vinnicyus Borges BARROS¹ , André Ramos COSTA¹ , Poliana de Almeida GUIMARÃES¹ , Laura Peixoto BASTOS¹  & Geraldo Marcelo Pereira LIMA¹ 

¹ Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências – Rua Barão de Jeremoabo, s/n., CEP: 40170-115. Salvador/BA, Brasil. E-mail: ih.azevedo@uol.com.br; altair@ufba.br; smoraes@ufba.br; anacarinars@gmail.com; andrevbarros08@gmail.com; andrerc@ufba.br; laurapeixoto.geo@gmail.com; glima@ufba.br

² Centro Universitário Estácio da Bahia, Departamento de Saúde – Rua Xingu, 179 – Stiep., CEP: 41770-130. Salvador/BA, Brasil. E-mail: anacarinars@gmail.com

Resumo: Esta pesquisa objetivou realizar interpretações paleoambientais do estuário do rio Real durante o Holoceno Tardio, com base em foraminíferos bentônicos e bivalves. Foram utilizados, além dos organismos, dados granulométricos de dois testemunhos rasos de sondagens. A granulometria, predominantemente arenosa, evidenciou um ambiente de elevada energia hidrodinâmica, respaldado pelo registro de organismos autóctones (bivalves). Em 12 amostras do testemunho T01, foram encontrados 606 foraminíferos de 20 espécies, no testemunho T02, 119 espécimes de três espécies foram registrados em quatro amostras. A presença do gênero *Trochammina* no T01, especialmente na fácies-G1 (base a 105 cm), indica um ambiente de estuário médio com influência fluvial. As fácies-G1 e G3 (70 a 50 cm) apresentam um pacote sedimentar areno-lodoso, característico de um ambiente fluvial. Os registros de bivalves na fácies-G4 (50 a 15 cm) indicam uma Zona de Estuário Baixo com influência marinha. As fácies-G2 (105 a 70 cm) e G4 mostram espécies de bivalves eurihalinos, sugerindo um depósito transgressivo de transição offshore. A fácies-G5 (15 cm ao topo) apresenta foraminíferos e bivalves de ambientes salobros a marinhos rasos, classificando-o como o estuário com depósitos transgressivos. No T02, as fácies-Z1 (base a 205 cm) e Z3 (175 a 15 cm) são ambientes estéreis em foraminíferos e bivalves, característicos de um ambiente de água doce com provável progradação de sedimentos continentais. A fácies-Z2 (205 a 175 cm) registrou apenas o bivalve marinho *Diplodonta cf. notata*, associado à granulometria arenosa, sugerindo um ambiente marinho raso. A fácies-Z4 (15 cm ao topo) representa o estuário atual, com predominância de espécies de foraminíferos calcário-hialinos, corroborando um domínio marinho em relação ao fluvial. Nesse sentido, as interpretações das correlações entre os dados abióticos e bióticos obtidos dos perfis T01 e T02 ao longo do Holoceno Tardio revelaram variações significativas nas condições paleoambientais durante o período de mar baixo, que descrevem as mudanças ocorridas nesse ecossistema ao longo do tempo e enriquecem nossa compreensão dos padrões de resposta das comunidades bióticas às oscilações ambientais durante o Holoceno Tardio.

Palavras-chave: Foraminíferos, Bivalves, Paleoambiental, Holoceno tardio, Estuário do rio Real.

Abstract: This research aimed to perform paleoenvironmental interpretations of the Real River estuary during the Late Holocene based on benthic foraminifera and bivalves. In addition to the organisms, granulometric data from two shallow core samples were used. The predominantly sandy granulometry indicated a high-energy hydrodynamic environment supported by the presence of autochthonous organisms (bivalves). In 12 samples from core T01, 606 foraminifera from 20 species were found, while in core T02, 119 specimens from three species were recorded in four samples. The presence of the genus *Trochammina* in T01, especially in facies-G1 (base to 105 cm), indicates a mid-estuary environment with fluvial influence. Facies-G1 and G3 (70 to 50 cm) display a sandy-muddy sediment package characteristic of a fluvial environment. The bivalve records in facies-G4 (50 to 15 cm) indicate a Low Estuary Zone with marine influence. Facies-G2 (105 to 70 cm) and G4 show euryhaline bivalve species, suggesting a transgressive deposit transitioning offshore. Facies-G5 (15 cm to the top) presents foraminifera and bivalves from brackish to shallow marine environments, classifying it as an estuary with transgressive deposits. In T02, facies-Z1 (base to 205 cm) and Z3 (175 to 15 cm) are sterile environments for foraminifera and bivalves, characteristic of a freshwater environment with probable progradation of continental sediments. Facies-Z2 (205 to 175 cm) recorded only the marine bivalve *Diplodonta cf. notata*, associated with sandy granulometry, suggesting a shallow marine environment. Facies-Z4 (15 cm to the top) represents the current estuary, with a predominance of calcareous-hyaline foraminifera species, corroborating a marine dominance over the fluvial. In this sense, the interpretations of the correlations between the abiotic and biotic data obtained from profiles T01 and T02 throughout the Late Holocene revealed significant variations in paleoenvironmental conditions during the low sea level period, describing the changes that occurred in this ecosystem over time and enriching our understanding of the response patterns of biotic communities to environmental fluctuations during the Late Holocene.

Keywords: Foraminifera, Bivalve, Paleoenvironmental, Late Holocene, Estuary of the river Real

1. Introdução

Os estuários constituem ambientes de transição de ecossistemas entre o continente e o oceano, resultando em processos de mistura, diluição e transporte das massas d'água continentais e marinhas (Silva *et al.*, 2011). As zonas costeiras são ambientes sensíveis e estão cada vez mais sujeitas à degradações decorrentes das ações antrópicas sociais e econômicas, como exemplos ocupações urbanas desordenadas, construções de portos para circulação de pessoas através dos transportes hidroviários, e escoamento de mercadorias pelos rios, construções de barragens, represas, atividades de carcinicultura, maricultura, aporte de dejetos domésticos, agrícolas e industriais (Azevedo *et al.*, 2022).

Os ambientes estuarinos contemporâneos resultam de um processo de subida do nível do mar que se encontrava a 120 m abaixo do nível do mar atual até pelo menos 18.000 anos atrás, esta elevação inunda as áreas da costa onde os sistemas fluviais desaguam, criando maior espaço de acomodação em relação à quantidade de sedimentos fluviais ou marinha aportados (Antunes, 2014; Silva, *et al.*, 2011).

A história do nível relativo do mar (NRM), no Brasil, tem sido discutida intensamente nas últimas duas décadas. Em particular, os últimos 7.000 anos apresentaram um nível máximo relativo do mar, conforme defendido por Suguio *et al.*, (1985). Essa posição foi confirmada por Angulo *et al.*, (2006), que também verificaram a ocorrência de alterações de alta frequência no nível médio relativo do mar (NMM). O estuário do rio Real está situado na costa norte do estado da Bahia, próximo à divisa com o estado de Sergipe (Figura 1), e apresenta características peculiares, constituído de um ecossistema diversificado, que inclui áreas de restingas, dunas e zonas de manguezal. Por causa disso, muitas pesquisas são realizadas no âmbito da dinâmica costeira, sedimentar e geomorfológica, mas a maioria dos estudos são com amostras sedimentológicas e nenhum deles utilizaram ferramentas paleontológicas para realizar as análises paleoambientais (Melo *et al.*, 2016; 2020; Farias,

2014). Dentro deste contexto, sabe-se que muitas são as condicionantes que atuam na evolução dos ambientes estuarinos e consequentemente na distribuição da biodiversidade que motivam pesquisas nestes locais.

A utilização de foraminíferos bentônicos permite preencher algumas lacunas no conhecimento acerca das variações paleoambientais, uma vez que estes microfósseis se configuram como excelentes bioindicadores ambientais. Estudos de reconstrução paleoambiental têm utilizado cada vez mais os foraminíferos como ferramentas eficientes, por apresentarem clara distribuição espaço-temporal e serem excelentes indicadores ambientais de variações das condições locais, incluindo paleosalinidade (Bícego *et al.*, 2022; Araripe *et al.*, 2021; Bom *et al.*, 2021; Ávila *et al.*, 2020; Eichler *et al.*, 2019; Koutsoukos *et al.*, 1991; García-Gallardo *et al.*, 2017; Gasparini & Vilela, 2017). No caso de amostras de testemunhos, os foraminíferos estuarinos apresentam uma clara distribuição vertical revelando diferentes biozonas, o que auxilia nas interpretações das condições ambientais pretéritas, utilizando tanto as formas bentônicas quanto as planctônicas (Duleba *et al.*, 1999; Debenay, 2009; Dias *et al.*, 2009).

Outro grupo muito utilizado em trabalhos de reconstrução paleoambiental são os bivalves, devido ao grande número de espécies viventes, e serem encontrados em diversos ambientes (água doce, marinha e estuários). Por suas conchas constituírem um registro fóssil semipermanente de sua ocorrência (Gonçalves & Lana, 1991), e estarem intimamente ligados às condições ambientais e características do substrato, a presença de diferentes espécies de moluscos permite fazer inferências sobre padrões paleoecológicos (Forcelli, 2000). Os estudos sobre as assembleias de bivalves permitem fazer inferências sobre mudanças no nível do mar, variações climáticas, alterações antropogênicas, variações da salinidade, bem como outros parâmetros do ecossistema bentônico e aspecto da química ambiental que auxilia na compreensão do desenvolvimento do modelo de idade, por exemplo: (Simões & Kowalewski, 1998; Santos *et al.*, 2023; Kroth *et al.*, 2021; Pereira *et al.*, 2018; Wingard & Surge 2017; Leng & Lewis 2016; Erthal *et al.*, 2015).

A presente pesquisa teve o objetivo descrever as modificações das condições paleoambientais, com base em foraminíferos bentônicos e conchas de bivalves encontradas no estuário do rio Real.

2. Área de Estudo

A área de estudo corresponde à porção estuarina do rio Real, situada na divisa entre os estados de Bahia e Sergipe, limite dos municípios Jandaíra e Estância (Figura 1). A bacia hidrográfica do rio Real apresenta uma área total de aproximadamente 8.946,67 km², distribuída em 27 municípios com uma população local estimada de 810.129 habitantes (CODEVASF-IBGE, 2020).

O rio Real nasce no município de Poço Verde-SE, mas sua bacia hidrográfica limita-se ao sul com a bacia do rio Itapicuru e ao norte com a bacia do rio Vaza-Barris (Souza, 2016). Tem uma extensão territorial de 4.972 km², percorrendo 246 km ao longo dos municípios de Cícero Dantas, Fátima, Heliópolis, Jandaíra e Rio Real, até desaguar no oceano Atlântico através das vilas de Simbaíba e Mangue Seco. Seus principais afluentes são os rios Mocambo e Baixa do Tubarão (Melo *et al.*, 2020).

A região apresenta um clima tropical chuvoso com as maiores precipitações ocorrendo nos meses de abril a junho, e as menores nos meses de outubro a março demarcando estações chuvosas e secas, além de pouca variação térmica com registros de entre 20° e 30°C nos valores da temperatura local (Farias, 2014).

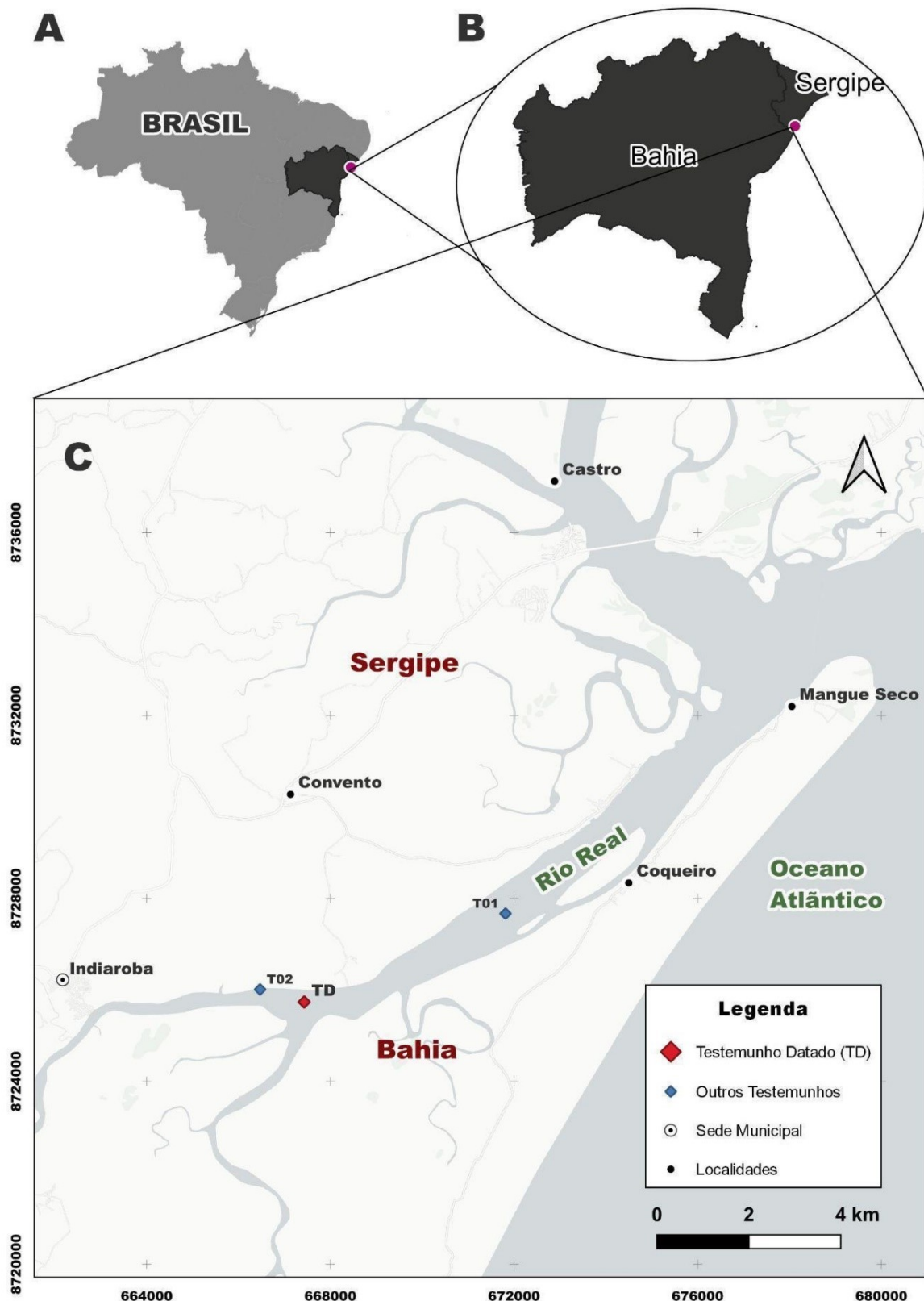


Figura 1. Localização da área de estudo e dos dois testemunhos T01 (1,50 m) e T02 (2,00 m) coletados ao longo do estuário do rio Real, Bahia, Brasil. Modificado de Farias (2014). Fonte do mapa base: CartoDB (2024).

Figure 1. Location of the study area and the two cores T01 (1.50 m) and T02 (2.00 m) collected along the Real River estuary, Bahia, Brazil. Modified from Farias (2014). Base map source: CartoDB (2024).

2.1 Contexto Geológico

Do ponto de vista geomorfológico, o estuário do rio Real, que faz parte da região do Litoral Norte do Estado da Bahia, é constituído por uma planície costeira e tabuleiros costeiros (Farias, 2014). As planícies costeiras são formadas sedimentos de origem marinha, continental, fluvio-marinha e lagunar, geralmente datando das eras holocênica e pleistocênica (Suguiú, 2003). No caso específico da Planície Costeira do rio Real, sua formação resulta do constante avanço e recuo da linha de costa, influenciado pelas ações das ondas, marés, correntes marinhas e ventos, bem como pelas variações do nível relativo do mar durante o Período Quaternário (Costa, 2011). Para a região do Litoral Norte do Estado da Bahia, foram identificadas na região cinco unidades geomorfológicas litoestratigráficas distintas: praias, dunas, terraços marinhos holocênicos, leques aluviais e antigos depósitos do Grupo Barreiras (Lima, 2007).

Os tabuleiros costeiros formam uma ampla faixa sedimentar ao longo da costa, apresentando poucas interrupções, e ocasionalmente são responsáveis pela formação de declives que se estendem até o leito dos vales (ver Figura 2), especialmente quando os rios ou riachos que os atravessam ainda não desenvolveram a planície aluvial (Fontes, 1997). Essas unidades geomorfológicas estão localizadas nas proximidades do litoral, abrangendo a região entre os municípios de Jandaíra e Indiaroba, e são caracterizadas por sedimentos quaternários predominantes, notadamente depósitos de areia que constituem dunas com diferentes formatos e alturas (Costa, 2011).

3. Materiais e Métodos

Ao longo do estuário do rio Real, foram coletadas amostras de subsuperfície com o auxílio dos testemunhos T01 e T02 com 1,50 e 2,00 m de profundidade, respectivamente, em setembro de 2019 (Figura 1).

A realização das análises de granulometria das amostras dos testemunhos T01 e T02 foram realizadas no Laboratório de Estudos do Petróleo (LEPETRO) do Núcleo de Estudos Ambientais (NEA) do Instituto de Geociências da UFBA. Primeiro as amostras de sedimento foram ensacadas, previamente rotuladas e congeladas, depois colocadas dentro do liofilizador para secagem. Após secagem, as análises granulométricas foram feitas através do uso do granulômetro a laser CILAS 1090, que forneceu informações acerca da textura e do grau de selecionamento seguindo metodologia baseada na escala de Wentworth (1922) para estabelecer as classificações das frações granulométricas.

No Laboratório do Grupo de Estudos de Foraminíferos (LGEF), com o auxílio de um estereomicroscópio, as testas dos foraminíferos foram retiradas do papel de filtro e fixadas com cola orgânica em lâminas para microfósseis, e a identificação dos organismos em nível de espécie foi baseada em literatura existente de diversos autores, mas a classificação sistemática foi realizada a partir de Loeblich & Tappan (1988). As conchas dos bivalves foram retiradas dos sedimentos manualmente, e selecionadas aquelas que estavam bem preservadas, para fins de identificação em nível de espécie baseada na literatura malacológica disponível (Oliveira, 2012; Barros *et al.*, 2021).

Com o auxílio do programa Microsoft Excel 2019, foram realizadas análises descritivas dos dados de foraminíferos (abundância absoluta e razão aglutinantes/calcários - A/C%) e de moluscos bivalves (abundância absoluta). Para ambos os grupos foram calculados os índices ecológicos: Diversidade de Shannon (H'), Riqueza de Margalef (S) e Equitatividade de Pielou (J') por meio do programa Primer 6. Adicionalmente, foram utilizados os programas PAleontological STatistics (PAST) 4, para a exposição dos dados

a partir de gráficos verticais, e ArcGis® 10.5 para a produção do mapa de localização da área de estudo.

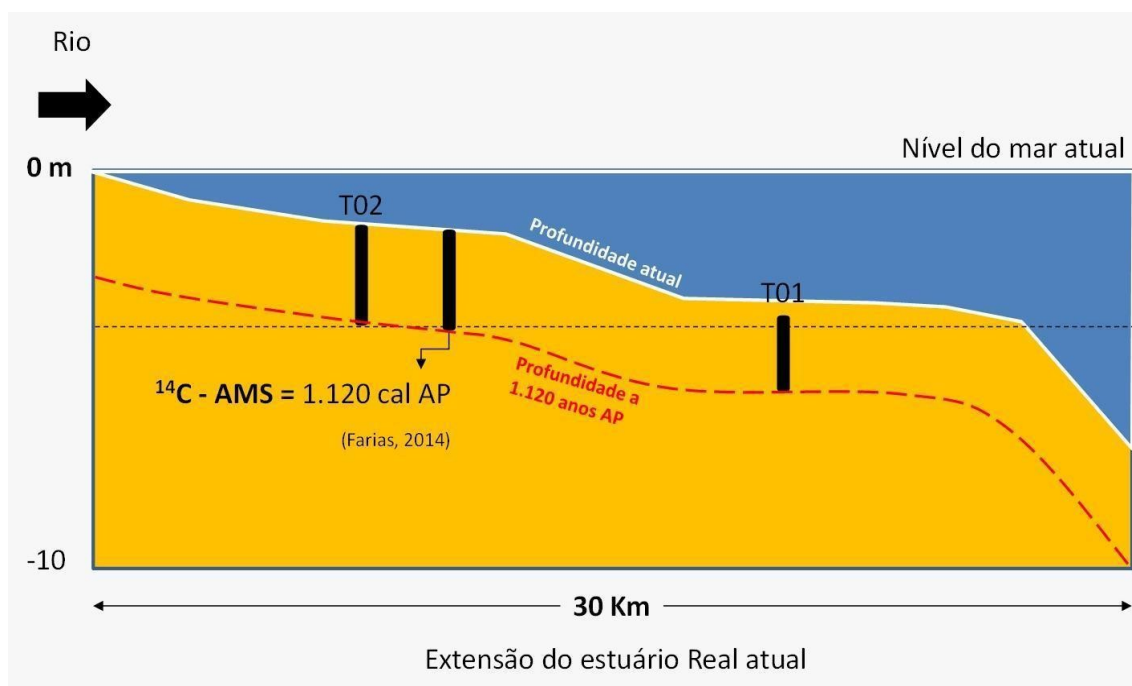


Figura 2. Desenho esquemático da disposição dos testemunhos T01 e T02 no estuário do rio Real.

Modificado de Farias (2014).

Figure 2. Schematic drawing of the arrangement of cores T01 and T02 in the Real River estuary. Modified from Farias (2014).

4. Resultados

O estuário do rio Real é mais profundo ao longo do leito mais próximo à embocadura (ver o testemunho T01 na Figura 2) que é caracterizada por um banco arenoso proveniente da erosão das dunas localizadas na margem esquerda do canal (região de Mangue Seco-BA), o qual sofre alterações nas profundidades devido ao balanço energético das ondas (Farias, 2014). Considerando a localização do testemunho T02 (próximo à nascente), percebemos que a área de estudo está situada entre as partes do canal principal que são expostas apenas durante a maré baixa (inframaré) e as áreas que se encontram inundadas durante a maré alta (intermaré e supramaré). Portanto, a região da cabeceira, onde se encontra o testemunho T02, permanece constantemente alagada, o que possibilita a deposição de sedimentos e resulta em um canal mais raso. Além disso, devido ao desnível em relação ao testemunho T01 (Figura 2), a base do testemunho T02 não é afetada pelas variações de maré, caracterizando uma área inframareal entre a base do T02 e o topo do T01.

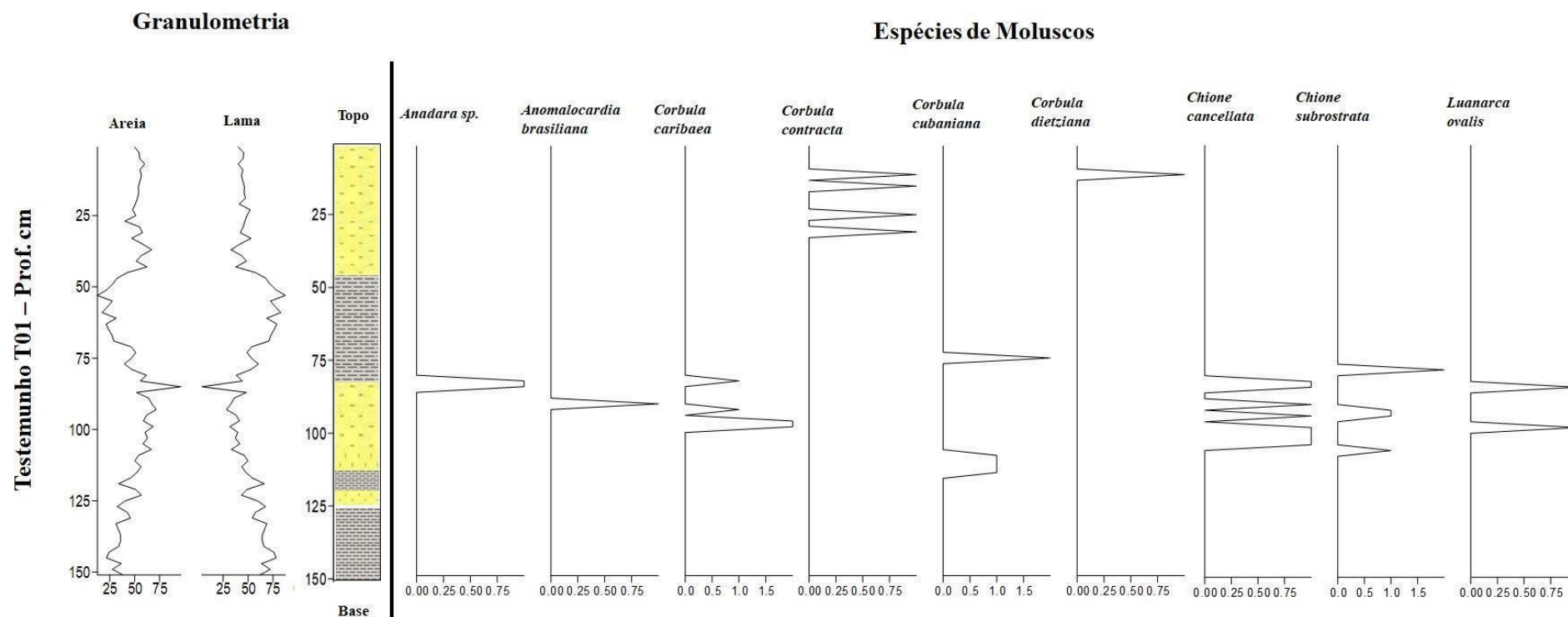


Figura 3. Composição granulométrica e abundância absoluta das espécies de bivalves registradas no testemunho T01 (1,51 m) do estuário do rio Real.

Figure 3. Grain size composition and absolute abundance of bivalve species recorded in core T01 (1.51 m) from the Real River estuary.

- Areia com intercalação de silte e argila
- Silte e argila com intercalação de areia

Legenda: Areias = areia grossa, areia fina e areia muito fina; Lama = silte e argila.

4.1 Composição granulométrica do estuário do rio Real

No testemunho T01, predominam as frações areia com intercalações de silte e argila (intervalos 1 a 44 cm; 81 a 115 cm 121 a 123 cm) e silte e argila com intercalação de areia (amostras 45 a 79 cm, 117 a 119 cm e 124 a 151 cm), sendo que atualmente a areia é comumente encontrada nas regiões internas e externas do estuário, enquanto na sua porção central mais próximo à montante predomina a deposição de lama (silte e argila). Já o testemunho T02 apresentou predomínio da fração silte e argila com intercalação de areia somente nos primeiros 14 cm, sendo o restante de fração areia com intercalações de silte e argila (intervalos de 15 a 201 cm) (Figura 3).

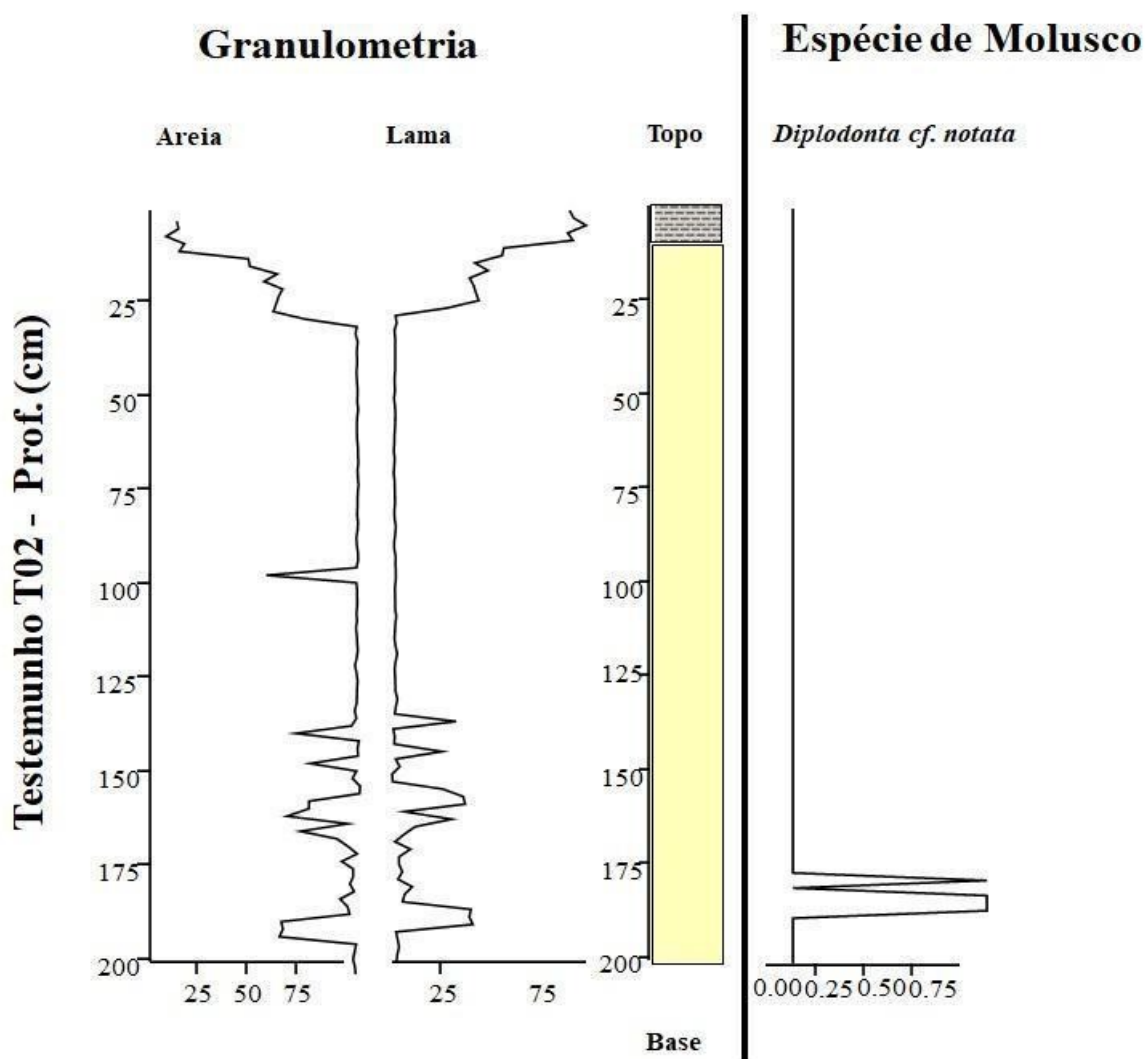


Figura 4: Composição granulométrica e abundância absoluta de espécie de bivalve registradas no testemunho T02 (2,00 m) do estuário do rio Real.

Figure 4: Grain size composition and absolute abundance of bivalve species recorded in core T02 (2.00 m) from the Real River estuary.

- Areia com intercalação de silte e argila
- Silte e argila com intercalação de areia

Legenda: Areias = areia grossa, areia fina e areia muito fina; Lama = silte e argila.

4.2 Espécies de bivalves do estuário do rio Real

Foi registrada a ocorrência de fragmentos e de conchas inteiras de espécies de bivalves no testemunho T01 seguidos das abundâncias absolutas e profundidades que foram registrados, a saber: *Corbula dietziana* (AB: 1; amostra 11 cm), *Corbula contracta* (AB: 4; 11 a 31 cm) *Luanarca ovalis* (AB: 2; 85 e 99 cm); *Chione cancellata* (AB: 8; 83 e 85 cm, 91 a 95 cm, 99 cm, e 100 a 105 cm); *Anomalocardia flexuosa* (AB: 1; 91 cm), *Chione subrostrata* (AB: 5; 79 cm, 93 e 95 cm, e 107 cm); *Corbula caribaea* (AB: 6; 83 e 85 cm, 91 cm, 97 e 99 cm); *Corbula cubaniana* (AB: 6; 75 cm, e 109 a 115 cm) e das espécies *Anadara* sp. (AB: 2; 85 cm) (Figura 3). Já no testemunho T02, foi registrada somente a espécie bivalve *Diplodonta cf. notata* (intervalos 175, 185 a 195 cm) (Figura 4).

Tabela 1. Razão A/C nas amostras do testemunho T01, localizado no estuário do rio Real.

Table 1. A/C ratio in samples from core T01, located in the Real River estuary.

Prof (cm)	(A/C%)
5	99,94
7	97,50
9	97,55
11	5,79
13	6,84
15	7,89
17	4,53
19	4,16
21	1,00
23	12,11
25	4,58
27	14,21
29	15,26
31	0,53
33	17,37
35	18,42
37	19,47
39	2,63
41	1,00
43	22,63
45	23,68
47	24,74
49	25,79
51	26,84
53	27,89
55	28,95
57	30,00

Legenda: Para o testemunho T01 (1,51 m), apenas foram considerados os estratos com valores da razão (A/C%) acima de 0.

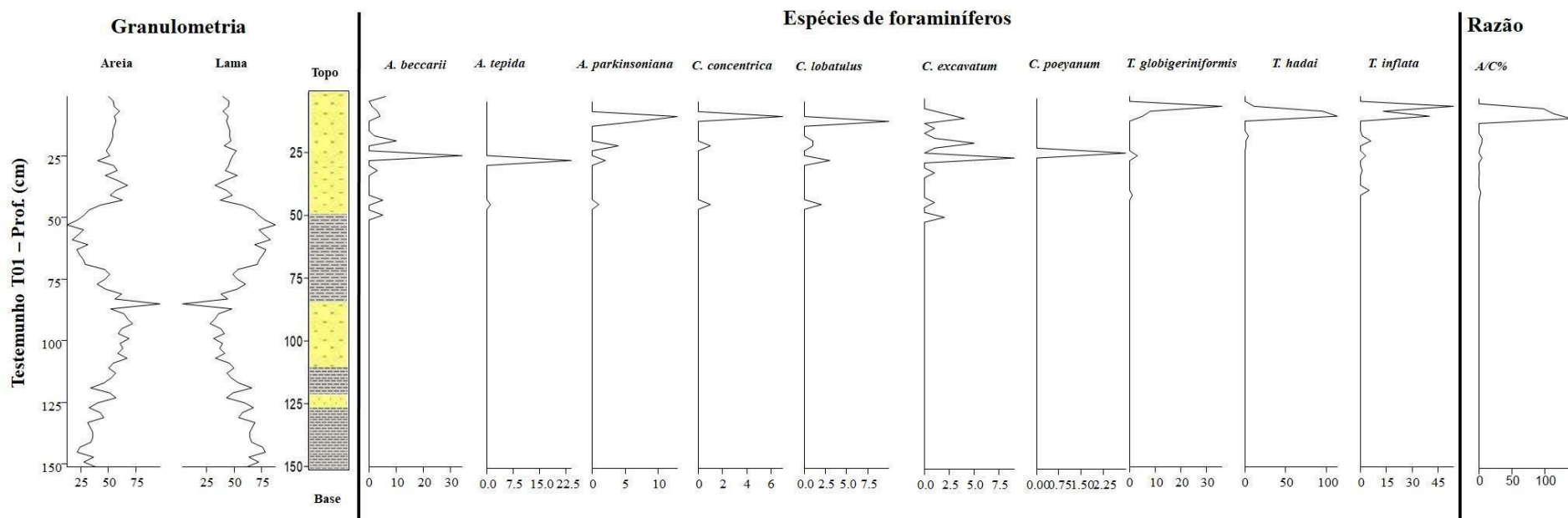


Figura 5. Composição granulométrica, abundância relativa das espécies de foraminíferos e razão A/C% registradas no testemunho T01 (1,51 m) do estuário do rio Real.

Figure 5. Grain size composition, relative abundance of foraminifera species, and A/C% ratio recorded in core T01 (1.51 m) from the Real River estuary.

- Areia com intercalação de silte e argila
- Silte e argila com intercalação de areia

Legenda: Areias = areia grossa, areia fina e areia muito fina; Lama = silte e argila ; *A. beccarii* = *Ammonia beccarii*; *A. tepida* = *Ammonia tepida*; *A. parkinsoniana* = *Ammonia parkinsoniana*; *C. concêntrica* = *Cibicides concentrica*; *C. lobatulus* = *Cibicides lobatulus*; *C. Elphidium* = *Criboelphidium excavatum*; *C. poeyanum* = *Criboelphidium poeyanum*; *T. globigeriniformis* = *Trochammina globigeriniformis*; *T. hadai* = *Trochammina hadai*; *T. inflata* = *Trochammina inflata*; A/C% = Razão Aglutinantes/Calcários.

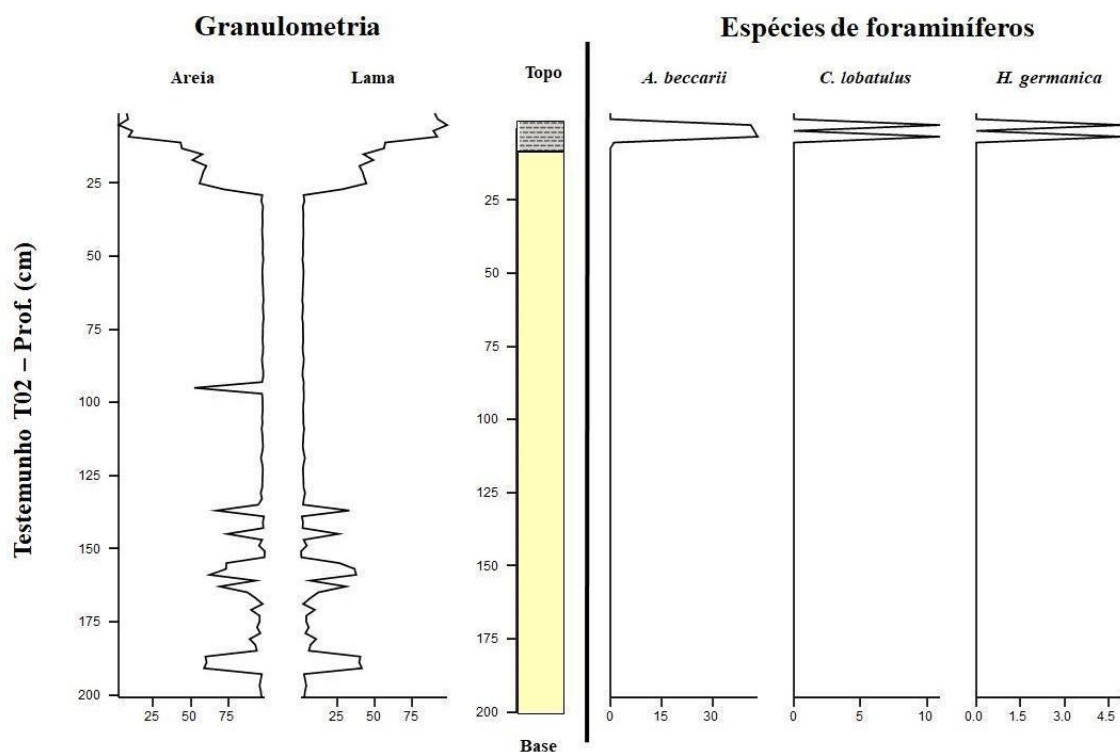


Figura 6. Composição granulométrica e abundância relativa das espécies de foraminíferos registradas no testemunho T02 (2,00 m) do estuário do rio Real.

Figure 6. Grain size composition and relative abundance of foraminifera species recorded in core T02 (2.00 m) from the Real River estuary.

- Areia com intercalação de silte e argila
- Silte e argila com intercalação de areia

Legenda: Areias = areia grossa, areia fina e areia muito fina; Lama = silte e argila; *A. beccarii* = *Ammonia beccarii*; *C. lobatulus* = *Cibicides lobatulus*; *H. germânica* = *Haynesina germanica*

4.3 Espécies de foraminíferos do estuário do rio Real

No testemunho T01, foram identificados 606 foraminíferos pertencentes a 20 espécies, das quais quatro foram classificadas como principais: *Ammonia beccarii* (12,05%), *Trochammina hadai* (37,46%), *T. inflata* (20,30%) e *T. globigeriniformis* (8,75%) (Tabela 1, Apêndices C) (Figura 5). Já no testemunho T02, foram registrados 119 espécimes pertencentes a três espécies: *A. beccarii* (71,93%), *Cibicides lobatulus* (19,30%), *Haynesina germanica* (8,77%) (Tabela 2, Apêndices C).

Não houve registro de espécies aglutinantes no testemunho T02 (Figura 6), mas para calcular a razão aglutinantes/calcários (A/C%) do testemunho T01 foram utilizadas as espécies aglutinantes *Textularia agglutinans*, *Trochammina hadai* e *T. inflata* e as espécies calcárias *Ammonia beccarii*, *A. tepida*, *A. parkinsoniana*, *C. concentrica*, *C. lobatulus*, *Criboelphidium excavatum* e *C.*

poeyanum. A razão A/C% do T01 atingiu os maiores valores nos intervalos 5 cm (99,94%), 7 cm (97,50%) e 9 cm (97,55%), de profundidade (Figura 5), devido ao aumento do número de testas aglutinantes, enquanto os menores valores ocorreram nos intervalos 17 cm (4,53%), 19 cm (4,16%), 21 cm (1,00%), 25 cm (4,58%), 31 cm (0,53%), 39 cm (2,63%) e 41 cm (1,00%) devido o predomínio dos espécimes calcários (Tabela 1, Apêndices C).

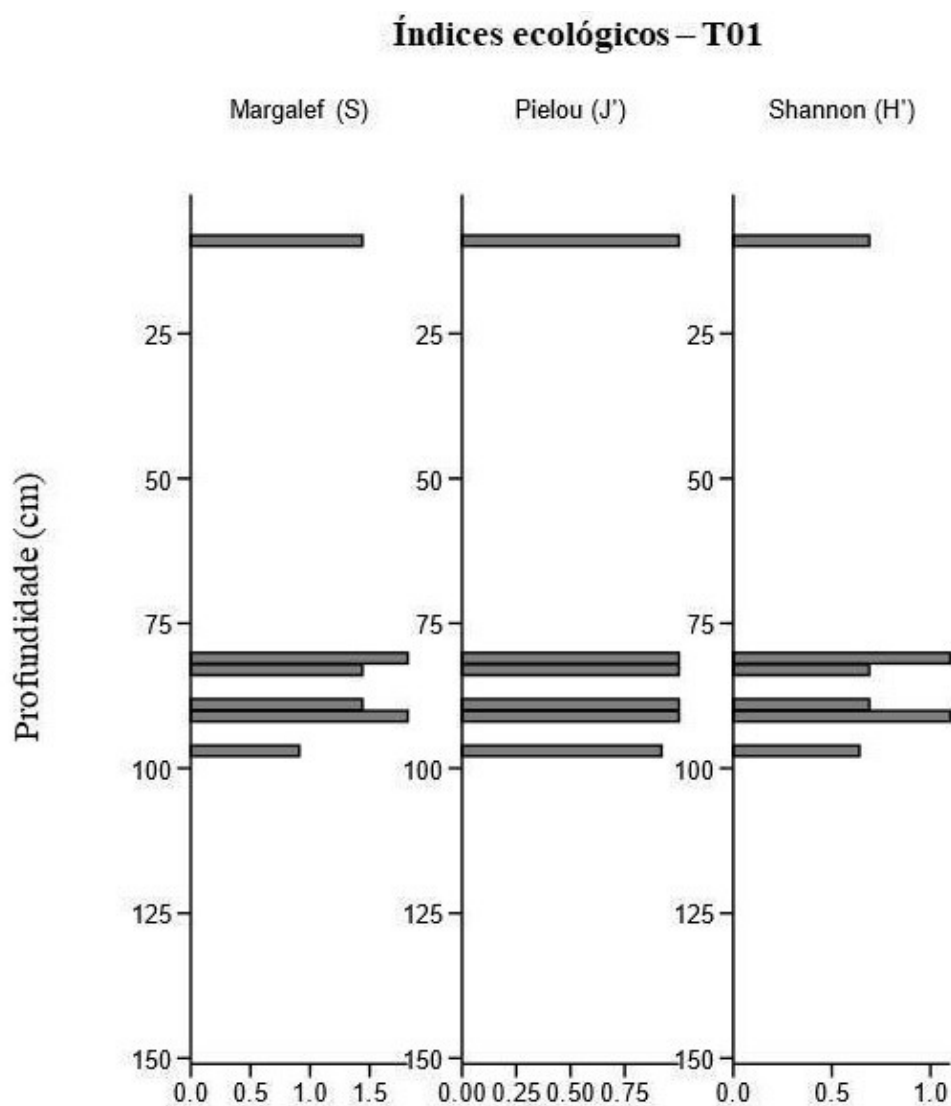


Figura 7. Índices de Riqueza de Margalef (S), Equitatividade de Pielou (J') e Diversidade de Shannon (H') dos bivalves no testemunho T01 (1,51 m) do estuário do rio Real.

Figure 7. Margalef Richness Index (S), Pielou's Evenness Index (J'), and Shannon Diversity Index (H') of bivalves in core T01 (1.51 m) from the Real River estuary.

4.4 Índices ecológicos das espécies de moluscos bivalves e de foraminíferos bentônicos

Em relação aos moluscos bivalves do testemunho T01, os maiores valores de Riqueza e Diversidade foram observados nas amostras 83 e 93 cm ($S = 1,82$ e $H' = 1,10$ em ambas) e os menores valores na amostra 99 cm ($S = 0,91$ e $H' = 0,64$). O maior valor de Equitatividade foi encontrado nas amostras 11, 83, 91 e 93 cm ($J' = 1,00$) e o menor valor obtido para a amostra 99 cm ($J' = 0,92$) (Figura 7 e Tabela 3 – Apêndices C). Não houve cálculo dos índices ecológicos para o testemunho T02 porque *Diplodonta cf. notata* foi a única espécie registrada.

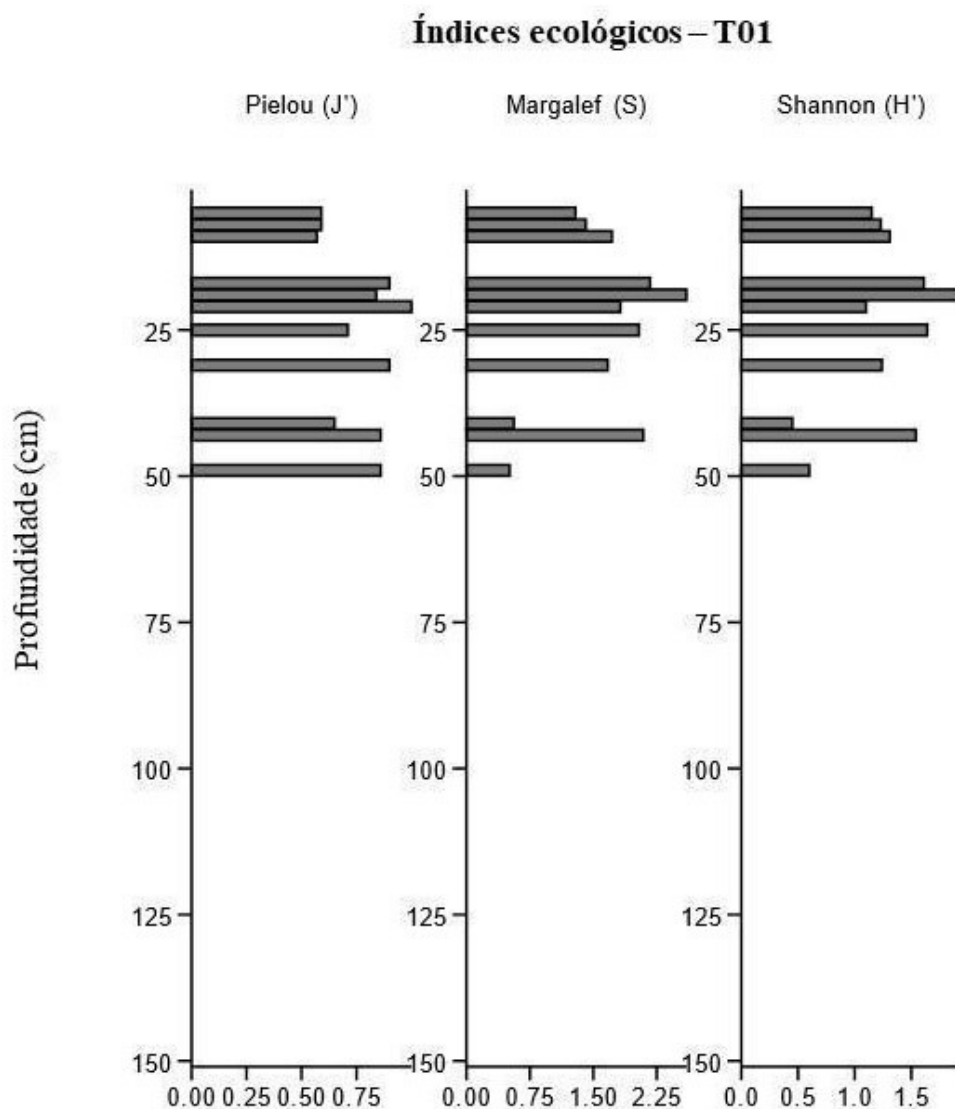


Figura 8. Índices de Riqueza de Margalef (S), Equitatividade de Pielou (J') e Diversidade de Shannon (H') de foraminíferos no testemunho T01 (1,51 m) do estuário do rio Real.

Figure 8. Margalef Richness Index (S), Pielou's Evenness Index (J'), and Shannon Diversity Index (H') of foraminifera in core T01 (1.51 m) from the Real River estuary.

No que tange aos foraminíferos do testemunho T01, o índice de Riqueza apresentou o maior valor na amostra 19 cm ($S = 2,60$) e o menor valor na amostra 49 cm ($S = 0,51$). O maior valor de Equitatividade foi encontrado nas amostras 17 e 31 cm ($J' = 0,90$ em ambas) e o menor na amostra 9 cm ($J' = 0,57$). Já a Diversidade teve o maior valor na amostra 19 cm ($H' = 1,94$) e o menor na amostra 41 cm ($H' = 0,45$) (Figura 8 e Tabela 4 – Apêndices C).

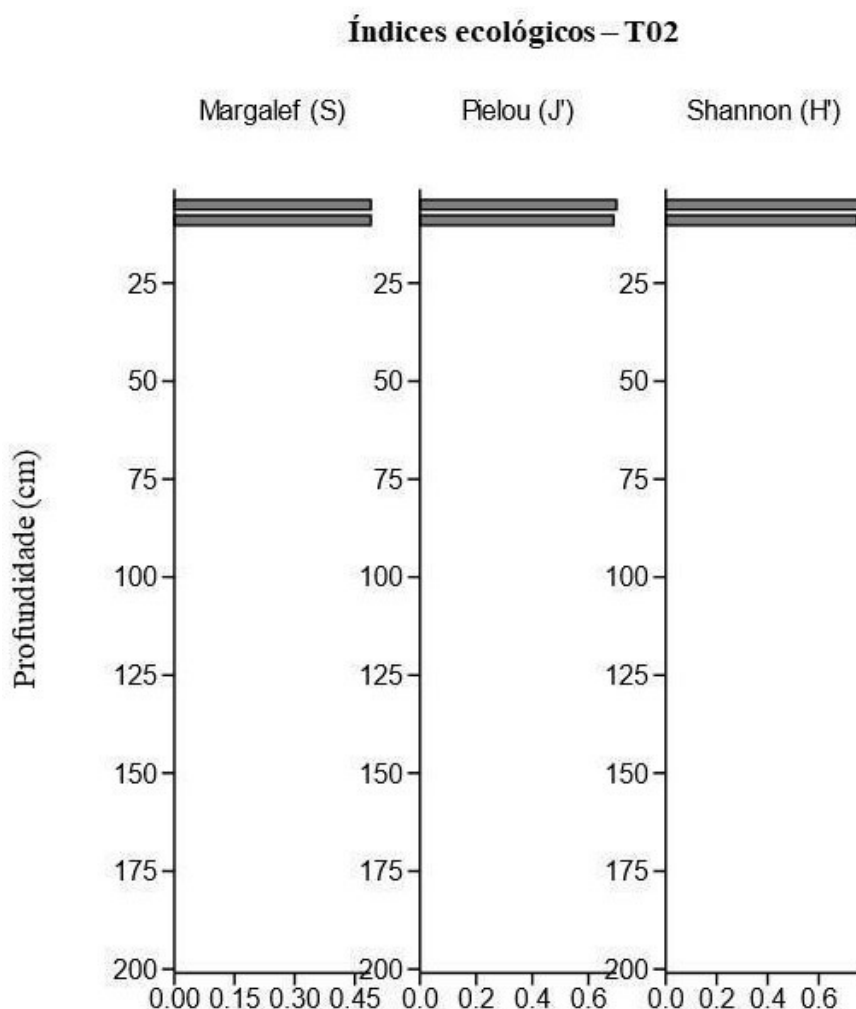


Figura 9. Índices de Riqueza de Margalef (S), Equidade de Pielou (J') e Diversidade de Shannon (H') de foraminíferos no testemunho T02 (2,00 m) do estuário do rio Real.

Figure 9. Margalef Richness Index (S), Pielou's Evenness Index (J'), and Shannon Diversity Index (H') of foraminifera in core T02 (2.00 m) from the Real River estuary.

No testemunho T02, o maior de Riqueza foi encontrado nas amostras 5 e 9 cm ($S = 0,49$) e o menor na amostra 43 cm ($S = 0$). O maior valor de Equitatividade foi registrado na amostra 5 cm ($J' = 0,70$) e o menor na amostra 9 cm ($J' = 0,69$). Para a Diversidade, o maior valor registrado foi na amostra 5 cm ($H' = 0,77$) e o menor na amostra 9 cm ($H' = 0,75$). (Figura 9 e Tabela 5 – Apêndices C).

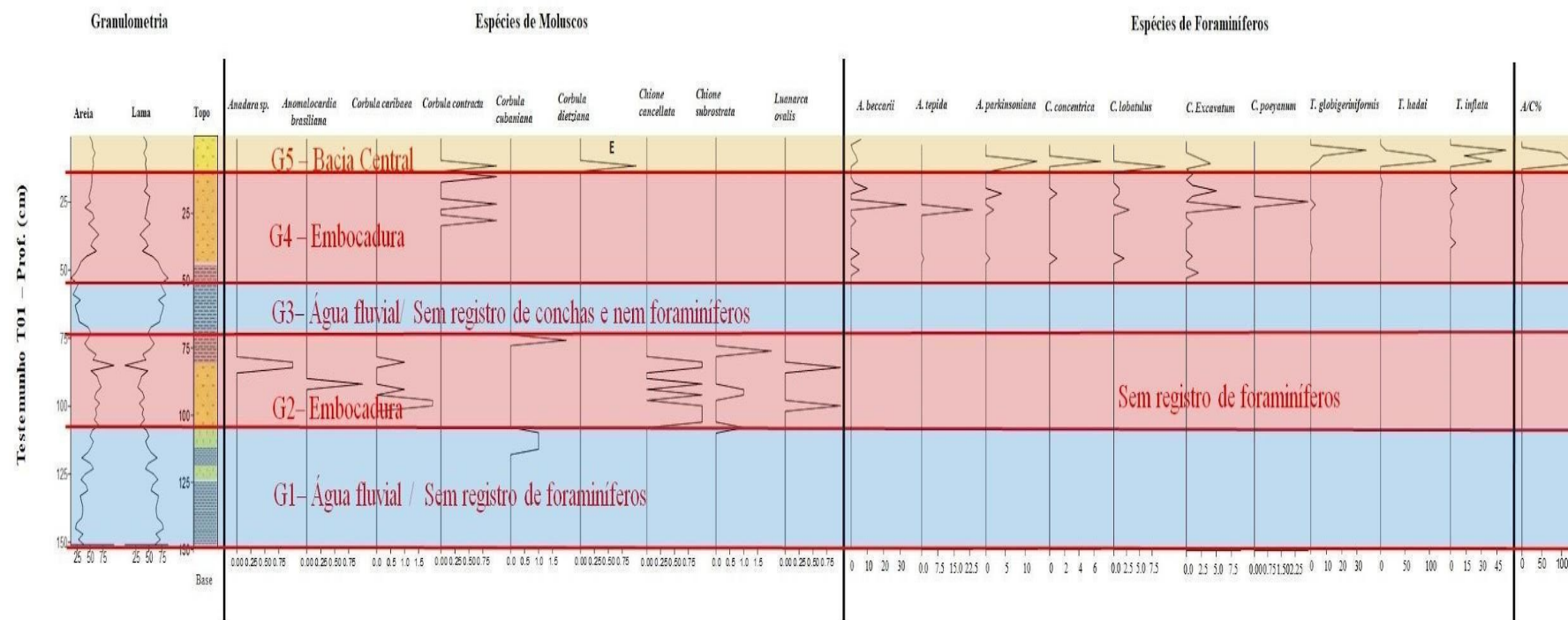


Figura 10. Fácies sedimentares do testemunho T01 do estuário do Real durante o Holoceno.

Figure 10. Sedimentary facies of core T01 from the Real River estuary during the Holocene.

5. Discussão

O estuário do rio Real apresenta um sedimento, predominantemente composto por granulometria grossa, o que é típico deste tipo de ambiente já que as correntes marinhas e fluviais transportam o material mal selecionado para dentro do estuário (D'agostini, 2005).

A elevada energia hidrodinâmica do rio Real pode estar condicionada às correntes de maré com maior intensidade, associado a um ambiente com energia das ondas, e a presença de organismos autóctones (como bivalves e fragmentos de conchas desgastadas e quebradas) contribuindo na composição sedimentar (Santos, 2016) (Figura 3).

5.1 Paleoambientes do testemunho T01

Analisando os dados sedimentológicos, das espécies de foraminíferos bentônicos e bivalves e de batimetria obtidos através do testemunho T01, reconhece-se cinco fácies sedimentares (G1, G2, G3, G4 e G5) que descrevem as condições dos paleoambientes durante o Holoceno Tardio (Figura 10):

A fácies-G1 (150-105 cm) e a fácies-G3 (70-50 cm) apresentam um sedimento predominantemente siltoso e são marcadas pela ausência de foraminíferos bentônicos e de conchas de moluscos bivalves, indicando um paleoambiente dominado pelo aporte de água doce (Figura 10), já que os eventos de descarga fluvial modificam os padrões de circulação, mistura, diluição e intrusão salina, bem como de transporte de sedimentos, nutrientes, contaminantes, o que interfere na distribuição das comunidades bióticas no estuário (Félix, 2014). Com relação às variações do nível relativo do mar (NRM) no Holoceno Tardio registradas no Litoral Norte da Bahia, Gonçalves (2016) inferiu, a partir dos dados da datação do coral *Mussismilia braziliensis*, que a última descida do NRM ocorreu entre 1520-910 anos A.P, podendo esta ser a idade aproximada do intervalo da fácies-G1. Além disso, a fácies-G3 indicaria uma nova descida do NRM, talvez de menor magnitude, mas não há dados na literatura para confirmá-lo.

Na fácies-G2 (105-70 cm) há o predomínio do sedimento arenoso e de uma associação das espécies estuarinas de moluscos bivalves *Anadora sp.*, *Anomalocardia flexuosa*, *Corbula caribaea* e *Luanarca ovalis* com as espécies marinhas *Corbula cubaniana* e *Chione cancellata* (Figura 10). Não foram registrados foraminíferos nesta fácies. *A. flexuosa* é uma espécie euritérmica e eurialina (suporta variações salinas entre 17 e 42, embora não tolere salinidades baixas (10), típica de zona entremarés, podendo ser encontrada enterrada em fundos arenosos, areno-lodosos, manguezais e em ambientes coralíneos

(Rodrigues *et al.*, 2010), e que possui grande resistência à anoxia (Schaeffer-Novelli, 1976), sugerindo estas condições físico-químicas e um paleoambiente de embocadura na fácies-G2. Desse modo, a presença das espécies marinhas *C. cubaniana* e *C. cancellata*, típicas de ambiente nerítico, se deve ao seu transporte da plataforma continental para o estuário. Já a ausência de foraminíferos pode estar relacionada com a elevada energia hidrodinâmica que dificulta a sobrevivência destes organismos e a manutenção de suas testas neste local (Semensatto Jr, 2006). Por outro lado, a ausência de foraminíferos pode ser resultado de decomposição das conchas dos moluscos, que são constituídas por carbonato de cálcio, o que pode alterar o pH do sedimento, juntamente com um maior time-averaging, pode reduzir o pH do sedimento e provocar a dissolução das testas dos foraminíferos (Erthal & Kotzian, 2016).

Situação semelhante é observada na fácies-G4, (50-15 cm), ou seja, apresenta um ambiente com forte domínio marinho corroborado pelo registro da espécie marinha de molusco bivalve *Corbula contracta* e pelo predomínio dos foraminíferos costeiros eurihalinos *Ammonia beccarii*, *A. tepida*, *A. parkinsoniana*, *Criboelphidium excavatum* e *C. poeyanum* (Frontalini & Coccioni, 2006) (Figura 10). O gênero *Ammonia* é típico de ambientes costeiros e plataforma interna e o gênero *Criboelphidium* típico de ambientes marinhos, e incluem espécies consideradas oportunistas e resistentes às variações físico-químicas, a exemplo da salinidade (Eichler *et al.*, 2003; Vilela *et al.*, 2007).

Portanto, as fácies-G2 e G4 caracterizam-se como depósitos transgressivos com sedimentos retrabalhados e influência marinha, respaldado pelo aumento dos táxons marinhos através da mistura de espécies próximas à costa (Scarponi & Kowalewski, 2007).

A fácies-G5 (15-0 cm) corresponde às condições da bacia central do estuário do Real que são observadas atualmente, por isso exibe o predomínio de foraminíferos aglutinantes do gênero *Trochammina*, o qual é comum em ambientes de baixa salinidade (Camacho, 2004; 2015; Bruno, 2013), seguido das espécies costeiras eurihalinas *A. beccarii*, *A. parkinsoniana*, *Criboelphidium excavatum* e das espécies marinhas *Cibicides concentrica* e *C. lobatulus*. O mesmo ocorre com as espécies de moluscos bivalves *Corbula contracta* e *C. dietziana* que são típicas de marinho. Já *Cibicides* é um gênero de foraminíferos epifaunais comumente encontrado em areia e cascalho de ambientes de média a alta energia hidrodinâmica localizados na plataforma continental ou talude (Murray, 1991; 2006).

No local em que o testemunho T01 foi coletado, ocorrem águas salobras e sedimento arenoso pobre em matéria orgânica e com baixo nível de oxigênio dissolvido (Azevedo *et al.*, 2022). Portanto, a fácies-G5 é um setor de estuário médio, isto é, de zona mistura de água do mar com água doce (Silva, 2000), com

presença de depósitos marinhos rasos transgressivos (Amorosi *et al.*, 2017). As interpretações são corroboradas através dos registros dos gêneros *Ammonia*, *Criboelphidium*, e *Trochammina*, os quais reúnem espécies típicas de águas euhalinas e que possuem capacidade de se desenvolver em meio a ampla variação de salinidade (Murray, 1991; Anjos-Zerfass *et al.*, 2006) e quando presentes em ambiente tropical indicam elevado teor de matéria orgânica, seja de origem natural ou antropogênica (Boltovskoy, 1965; Debenay *et al.*, 2000; Scott *et al.*, 2001; Bomfim *et al.*, 2010).

5.2 Paleoambientes do testemunho T02

O testemunho T02 possui quatro fácies sedimentares (Z1, Z2, Z3 e Z4) que descrevem a evolução dos paleoambientes durante o Holoceno:

As fácies-Z1 (200-190 cm) e Z3 (175-15 cm) são marcadas por uma composição textural arenosa (Figura 11) sugestiva de um ambiente de água doce com uma fase de assoreamento e preenchimento gradual do vale afogado por areias resultante do próprio sistema fluvial (Caron, 2007). Essa inferência é corroborada pela ausência de moluscos bivalves e de foraminíferos bentônicos, uma vez que as espécies de moluscos registradas não toleram baixas salinidades (Rodrigues *et al.*, 2010) e os foraminíferos bentônicos são raros em água doce (Siemensma *et al.*, 2017).

A fácies-Z2 (190-175 cm) também apresenta uma composição textural arenosa, mas houve o registro da espécie de molusco bivalve *Diplodonta cf. notata* que é típica de ambiente marinho raso e de elevada energia hidrodinâmica (Rios, 1994), indicando um ambiente de embocadura do estuário de alta energia hidrodinâmica, o que dificultaria a sobrevivência e manutenção das outras espécies de moluscos e dos foraminíferos neste local (Semensatto Jr, 2006).

A fácies-Z4 (15-0 cm) corresponde ao ambiente atual de bacia central do estuário com composição textural siltosa e ocorrência exclusiva das espécies de foraminíferos costeiros eurihalinos *Ammonia beccarii*, e *Haynesina germanica* e da espécie marinha *Cibicides lobatulus*. *Haynesina germanica* é um foraminífero bentônico eurialino comum de águas rasas e sedimento lamoso que foi relatado em estuários, baías, lagunas salinas de todo o mundo. Geralmente ocorre em sedimentos que se tornam anóxicos logo abaixo da superfície do sedimento, sendo, por isso, um colonizador oportunista, particularmente em ambientes salobros (Murray, 2006; Goldstein & Richardson, 2018). De fato, no local em que o testemunho T02 foi coletado, ocorrem águas salobras e sedimento fino rico em matéria orgânica e com baixo nível de oxigênio dissolvido (Azevedo *et al.*, 2022), o que justifica a ocorrência de *A. beccarii* e de *H. germânica*, mas a presença de *C. lobatulus* se deve à influência das marés transportando suas testas desde a plataforma continental.

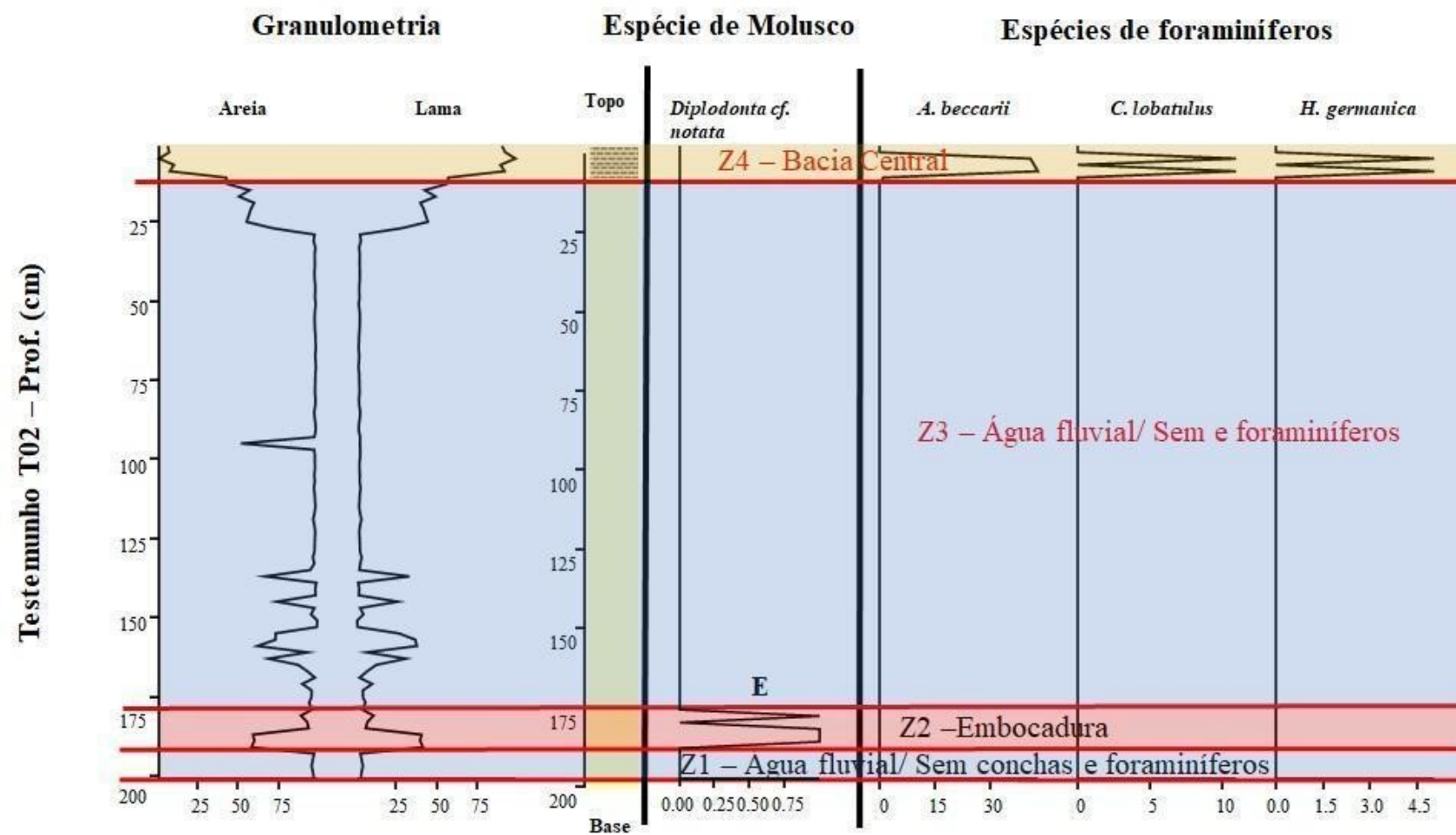


Figura 11. Fácies sedimentares do testemunho T02 do estuário do Real durante o Holoceno.

Figure 11. Sedimentary facies of core T02 from the Real River estuary during the Holocene.

6. Conclusão

Essa pesquisa realizou uma caracterização paleoambiental do estuário do rio Real a partir da descrição de cinco fácies sedimentares no testemunho T01 e de quatro fácies sedimentares no testemunho T02 durante o Holoceno Tardio. Os resultados obtidos a partir desses registros permitiram às seguintes conclusões:

Os testemunhos T01 e T02, situados no estuário do rio Real evidenciaram a existência de um pacote sedimentar predominantemente composto por granulometria grossa (fração areia), entretanto, ainda existem profundidades em seu interior que permitem a acumulação de sedimentos de granulometria fina, silte e argila.

Para o testemunho T01, as fácies-G1 e G3 indicam presença de um paleoambiente fluvial e a granulometria observada, aliada à ausência de testas de foraminíferos, pode ser atribuída à decomposição das conchas de moluscos, compostas por carbonato de cálcio. Esse processo pode alterar o pH do sedimento, e, juntamente com um maior time-averaging, reduzir ainda mais o pH, levando à dissolução das testas desses microfósseis (Erthal & Kotzian, 2016). As fácies-G2 e G4 apresentam um paleoambiente marinho, e a granulometria grossa, associada ao registro de espécies de bivalves marinhos e foraminíferos costeiros eurihalinos, sugerem a ocorrência de um ambiente composto por depósitos transgressivos. A fácies-G5 identificada como estuário médio, associado ao predomínio de foraminíferos aglutinantes, costeiros eurihalinas e epifaunais e também moluscos marinhos, sugerem depósitos marinhos rasos transgressivos.

Para o testemunho T02, as fácies-Z1 e Z3 indicam condições prolongadas de exposição do sedimento, que associada a ausência de organismos, provavelmente confirmam a ocorrência de uma progradação costeira. A fácies-Z2 apresenta um ambiente de embocadura, e a composição granulométrica arenosa associada ao predomínio do molusco marinho *Diplodonta cf. notata*, sugere um ambiente marinho raso. A fácies-Z4 definida como estuário atual, e associada a presença das espécies de foraminíferos costeiros, sugere um ambiente lagunar/estuarino com domínio marinho em relação ao meio fluvial.

Agradecimentos: Os autores agradecem ao Laboratório de Estudos do Petróleo (LEPETRO-IFBA) pela realização das análises granulométricas do sedimento, e pelo apoio e concessão da bolsa do doutorado, através do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – Código de Financiamento (Processo nº 140437/2018-5).

Contribuições dos Autores: Concepção, I.H.S.A., A.J.M., S.S.M. e G.M.P.L.; metodologia, I.H.S.A., P.A.G. e L.P.B.; software, I.H.S.A., A.C.M.S., A.R.C., A.V.B.B.; validação, I.H.S.A., S.S.M. e G.M.P.L.; análise formal, I.H.S.A. e S.S.M.; pesquisa, I.H.S.A.; recursos, I.H.S.A.; preparação de dados, I.H.S.A.; escrita do artigo, I.H.S.A.; revisão, I.H.S.A., S.S.M., G.M.P.L. e A.C.M.S.; supervisão, I.H.S.A.; aquisição de financiamento, I.H.S.A., A.J.M., S.S.M. e G.M.P.L. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

Conflito de Interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.

Referências

- Azevedo, I.H.S.; Moraes, S.S.; Silva, A.C.M.; Milazzo, A.D.D.; Machado, A.J.; Rocha, R.S.S.; Gromboni, C.F.; Alves, N.S.; Ribeiro, G.A.L. & Lima, G.M.P. 2022. Variação espacial e intra-anual de foraminíferos bentônicos e indicadores biogeoquímicos no estuário do Real, Litoral Norte da Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 25(2): 120-134. <https://doi.org/10.4072/rbp.2022.2.02>
- Amorosi, A.; Bruno, L.; Campo, Bruno.; Morelli, A.; Rossi, V.; Scarponi, D.; Hong, W.; Bohacs, K.M. & Drexler, T.M. 2017. Global sea-level control on local para sequence architecture from the Holocene record of the Po Plain, Italy. *Marine and Petroleum Geology*, 87: 99-111. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2017.01.020>
- Angulo, R.J. & Lessa, G.C. 1997. The Brazilian sea level curves: a critical review with emphasis on the curves from Paranaguá and Cananéia regions. *Marine Geology*, 140: 141-166. [https://doi.org/10.1016/S0025-3227\(97\)00015-7](https://doi.org/10.1016/S0025-3227(97)00015-7)
- Angulo, R.J. & Souza, M.C. 2014. Revisão conceitual de indicadores costeiros de paleoníveis marinhos quaternários no Brasil. *Quaternary and Environmental Geosciences*, 05(2): 1-32. <https://doi.org/10.5380/abequa.v5i2.36533>
- Antunes, C.M.C. 2014. A subida do NMM e a necessidade de revisão dos referenciais verticais. In *Actas das 3as Jornadas de Engenharia Hidrográfica*, pp. 37-40. Instituto Hidrográfico, Lisboa, 24-26 de Junho, Disponível em: <https://webpages.ciencias.ulisboa.pt/~cmantunes/artigos/Resumos_Alargado_3JEH2014_C.ANTUNES-c2.pdf>. Acesso em: 25 mai 2024.
- Araújo, R.C.; Oliveira, D.H.; Tomé, M.E.; Mello, R.M.de. & Barreto, A.M.F. 2021. Foraminifera and Ostracoda from the Lower Cretaceous (Aptian–lower Albian) Romualdo Formation, Araripe Basin, northeast Brazil: Paleoenvironmental inferences. *Cretaceous Research*, 122(104766): 2-14. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2021.104766>
- Ávila, A.S.P.de.; Leonhardt, A. & Dniz, D. 2020. Paleoenvironmental Reconstruction off Southern Brazil during a Glacial Period (66.5–47 kyr BP): Continental and Oceanic Environments. *Journal of Coastal Research*, 36(6): 1204-1214. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-19-00074.1>
- Barros, C.E.; Beitelli, R.; Carvalho, D.S.; Dehnhardt, B.A.; Bernardi, C.D.B.; Martins, A.A. & Savian, J. 2021. Applications of oxygen and carbon isotopes in the paleoenvironmental reconstruction of the interior of Lagoa dos Patos, RS, Brazil: a case study. *Quaternary and Environmental Geosciences*, 12(1): 36-45. <https://doi.org/10.5380/abequa.v12i1.73396>
- Bícego, M.C.; Santos, F.R.; De Andrade, F.P.C.; Lourenço, R.A.; Taniguchi, S.; De Mello e Sousa, S.H.; Nagai, R.H.; Cavalcante, A.B.L.; Figueira, R.C.L.; Wainer, I.K.C. & De Mahiques, M.M. 2022. Mid- to late-Holocene analysis of the influence of the La Plata River plume on the southwestern Atlantic shelf: A paleoenvironmental reconstruction based on lipid biomarkers and benthic foraminifera. *Sage Journals*, 32(11): 1260-1276. <https://doi.org/10.1177/09596836211041>
- Bom, M.H.H.; Ceolin, D.; Kochhann, K.G.D.; Krahl, G. Fauth, G.; Bergue, C.T.; Savian, J.F.; Junio, O.S.; Simões, M.G. & Assine, M.L. 2021. Paleoenvironmental evolution of the Aptian Romualdo Formation,

- Araripe Basin, Northeastern Brazil. *Global and Planetary Change*, 203: 2-11. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2021.103528>
- CARTO. Basemaps. Disponível em: <https://carto.com/basemaps>. Acesso em: 18 ago. 2024.
- Camacho, S. 2004. *Evolução Paleoambiental Holocénica dos Estuários dos Rios Guadiana e Arade com base nas Associações Fósseis de Foraminíferos Bentónicos*. (Tese de Mestrado), Universidade do Algarve, Portugal, 131p.
- Caron, F. 2007. *Depósitos sedimentares associados à desembocadura do Arroio Chuí (planície costeira do Rio Grande do Sul) e suas relações com as variações do nível do mar durante o Holoceno*. 82 f (Dissertação) Mestrado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. <http://hdl.handle.net/10183/8813>
- Cearreta, A.; Alday, M.; Freitas, M.C., & Andrade, C. 2007. Post-glacial foraminifera and paleoenvironments of the Melides Lagoon (SW) Portugal: Towards a regional model of coastal evolution. *Journal of Foraminiferal Research*, 37(2): 125-135. <https://doi.org/10.2113/gsjfr.37.2.125>
- CODEVASF/IBGE. Bacias Hidrográficas. Disponível em: <<https://www.codevasf.gov.br/area-de-atuacao/bacia-hidrografica/real>>. Acesso em: 02 jan.2023.
- Costa, B.G. 2011. *A Bacia Inferior do rio Real: Uma análise sócioambiental*. 133 f. (Dissertação) Mestrado em Geografia, Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, Sergipe.
- Debenay, J.P. & Patrona, L.D. 2009. Foraminifères: bio-indicateurs de la qualité des fonds de bassins d'élevage de crevettes en Nouvelle-Calédonie. *IRD Sciences de la mer. Biologie Marine*. Rapport scientifique et technique. n° 66 IFREMER-LEAD-RST, 69 p. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.32899.08483>
- Dias, F.F.; Castro, J.W.A.; Seoane, J.C.S. & Camargo, L.H.R. 2009. Indicadores de mudanças climáticas e de variações do nível do mar na costa do Rio de Janeiro: aquecimento ou resfriamento? *Revista Eletrônica de Geografia*, 1: 21-32. <https://doi.org/10.5935/1678-2000.20090004>
- Duleba, W.; Debenay, J.P. & Eicheler, B.B. 1999. Foraminifera e tecamebas como bioindicadores da circulação hidrodinâmica do estuário do rio Verde e do lago Itacolomi, Estação Ecológica Juréia Itatins, Brasil. In *Anais do VII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário (ABEQUA)*, Porto Seguro, Brasil. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13754.53442>
- Eichler, P.P.B.; Rodrigues, A.R.; Gomes, M.P. & Vital, H. 2019. Benthic foraminifera as indicators of river discharge in the Western South Atlantic continental shelf. *Marine Geology*, 415: 105973. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2019.105973>
- Erthal, F.; Ritter, M.N. & Kotzian, C.B. 2016. Assinaturas tafonômicas Em Moluscos Recentes E Seu Significado *Paleoambiental*. *Terrae didat*, 13: 4-29. <https://doi.org/10.20396/td.v13i1.8648624>
- Erthal, F.; Kotzian, C.B. & Simões, M.G. 2015. Multistep taphonomic alterations in fluvial mollusk shells: a case study in the Touro Passo Formation (Pleistocene–Holocene), Southern Brazil. *Palaíos*, 30(5): 388-402. <https://doi.org/10.2110/palo.2013.104>
- Forcelli, D.O. 2000. *Moluscos Magallánicos: guía de moluscos de Patagonia Y sur de Chile*. Buenos Aires: Vazquez Mazzini Editores. 200 p.

- García-Gallardo, A.; Grunert, P.; Schee, M.V. der.; Sierro, F.J.; Jiménez-Espejo, F.J.; Zarijian, C.A.A. & Piller, W.E. 2017. Benthic foraminifera-based reconstruction of the first Mediterranean-Atlantic exchange in the early Pliocene Gulf of Cadiz. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 472: 93-107. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2017.02.009>
- Gasparini, S.P. & Vilela, C.G. 2017. Paleoenvironmental evolution based on benthic foraminifera biofacies of the Paraíba do Sul Deltaic Complex, eastern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 80: 291-303. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2017.09.026>
- Gonçalves, E.M. & Lana, P.C. 1991. Padrões de distribuição de Bivalvia e Gastropoda na plataforma continental da costa sudeste do Brasil (24° S- 27° S). *Nerítica, Ponta do Sul*, 6(1-2): 73-92. <https://doi.org/10.32635/2595-2842.1991v6n1-2p73-92>
- Kennett, J.P. & Shackleton, N.J. 1975. Laurentide ice sheet melt water recorded in Gulf of Mexico deep-sea cores. *Science*, 188: 147-150. <https://doi.org/10.1126/science.188.4184.147>
- Koutsoukos, E.A.M.; Mello, M.R.; De Azambuja Filho, N.C.; Hart, M.B. & Maxwell, J.R. 1991. The Upper Aptian–Albian Succession of the Sergipe Basin, Brazil: An Integrated Paleoenvironmental Assessment. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 75(3): 479-498. <https://doi.org/10.1306/0C9B2817-1710-11D7-8645000102C1865D>
- Kroth, M.; Borghi, L.; Bobco, F.E.R.; Araújo, B.C.; Silveira, L.F.; Duarte, G.; Ferreira, L.de.O.; Guerra-Sommer, M. & Mendonça, J.de.O. 2021. Aptian shell beds from the Romualdo Formation (Araripe Basin): Implications for paleoenvironment and paleogeographical reconstruction of the Northeast of Brazil. *Sedimentary Geology*, 426(106025): 2-15. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2021.106025>
- Leng, M.J. & Lewis, J.P. 2016. Oxygen isotopes in Molluscan shell: Applications in environmental archaeology. *Environmental Archaeology*, 21(3): 295-306. <https://doi.org/10.1179/1749631414Y.0000000048>
- Lima, G.M.P. 2007. *Caracterização sedimentológica e dos padrões de circulação e mistura do Estuário do Rio Jacuípe - Litoral Norte do Estado da Bahia*. 140 f. (Dissertação) Mestrado em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia. Salvador, Bahia.
- Loeblich, A.R. & Tappan, H. 1978. Protista 2: Sarcodina chiefly “Thecamoebians” and Foraminifera. In: R.C. Moore (Ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology*, 1: 55-139. <https://doi.org/10.1130/B30611.1>
- Melo, D.O.S.; Santos, L.S.; Barbosa, A.G. & Mendes, L.A. 2020. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do rio Real pelo uso de dados SRTM e tecnologias SIG. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13(7): 3553-3570. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.07.p3554-3570>
- Melo, I.S.; Silva, D.B.; Santos, A.L.A.; Santana, F.S. & Santana, B.L.P. 2016. Atividades Antrópicas e Degradação Ambiental na Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Itamirim-SE. *Revista de Geociências do Nordeste*, 2: 436-442.
- Oliveira, D.L. 2012. *Patrimônio Arqueológico no centro-sul do Rio Grande do Sul: Sambaquis da Lagoa*. Dissertação de Mestrado em Patrimônio Cultural, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul.
- Pereira, P.A.; Cassab, R.C.T. & Barreto, A.M.F. 2018. As Famílias Veneridae, Trochidae, Akeridae e Acteonidae (Mollusca), na Formação Romualdo: Aspectos Paleoecológicos e Paleobiogeográficos no

- Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe, NE do Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências*, 41-3: 137-152. https://doi.org/10.11137/2018_3_137_152
- Rodrigues, A.M.L.; Borges-Azevedo, C.M.; & Henry-Silva, G.G. 2010. Aspectos da biologia e ecologia do molusco bivalve *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Bivalvia, Veneridae). *Revista Brasileira de Biociências*, 8(4): 377-383.
- Rios, E.C. 2009. *Compendium of Brazilian Sea Shells*. Rio Grande, RS. Evangraf. 676 p. <https://doi.org/10.11606/9788589997054>
- Santos, C.P.; Coe, H.H.G.; Silva, A.L.C.; Osterrieth, M.L.; Parolin, M.; Souza, R.C.C.L.; Ribeiro, F.C.P.; Macario, K.C.D.; Neto, J.A.B. & Vasconcelos, S.C. 2023. Paleoenvironmental evolution during the Holocene of the coastal plain of Maricá, Rio de Janeiro, Brazil, through silica biomineralizations. *Journal of South American Earth Sciences*, 121: 2-15. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2022.104098>
- Santos, D.G. 2016. *Interpretação de processos hidrossedimentológicos nos estuários Serinhaém, Maraú e Sorojó (Baía de Camamu) a partir do estudo de bioclastos recentes*. 157 f. (Dissertação) Mestrado em Geologia. Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, 2016.
- Semensatto, D.L. 2006. *O sistema estuarino do delta do São Francisco-SE: análise ambiental com base no estudo de foraminíferos e tecamebas*. (Tese de Doutorado). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, São Paulo. 226 p. <https://doi.org/10.11606/T.14.2006.tde-01092006-165037>
- Silva, J.B.; Galvêncio, J.D.; Corrêa, A.C.B.; Silva, D.G. & Machado, C.C.C. 2011. Classificação Geomorfológica dos Estuários do Estado de Pernambuco (Brasil) com base em imagens do LANDSAT 5/TM. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 01: 118-133. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v4i1.232689>
- Simões, M.G. & Kowalewski, M. 1998. Shell Beds as paleoecological puzzles: A case study from the Upper Permian of the Paraná Basin, Brazil. *Facies*, 38: 175-196. <https://doi.org/10.1007/BF02536856>
- Suguio, K.; Martin, L.; Bittencourt, A.C.S.P.; Dominguez, J.M.L.; Flexor, J-M. & Azevedo, A.E.G. 1985. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. *Revista Brasileira de Geociências*, 4: 273-286. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.198504273286>
- Siemensma, F.; Apothélos-Perret-Gentil, L.; Holzmann, M.; Clauss, S.; Völcker, E. & Pawlowski, J. 2017. Taxonomic revision of freshwater foraminifera with the description of two new agglutinated species and genera. *European Journal of Protistology*, 60: 28-44. <https://doi.org/10.1016/j.ejop.2017.05.006>
- Scarponi, D. & Kowalewski, M. 2007. Sequence stratigraphic anatomy of diversity patterns: late Quaternary benthic mollusks of the Po Plain, Italy. *Palaos*, 22: 296-305. <https://doi.org/10.2110/palo.2005.p05-020r>
- Wingard, G.L. & Surge, D. 2017. Application of Molluscan analyses to the reconstruction of past environmental conditions in estuaries. In J.M. Weckström, K. Saunders, P. Gell, & C. Skilbeck (Eds.), *Applications of Paleoenvironmental Techniques in Estuarine Studies*, pp: 357-387. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-024-0990-115>