

8 RESULTADOS

A tabela 1 reúne dados de localização, comprimento (em metros), número e a espessura das amostras em centímetros de cada testemunho analisado:

Tabela 1 – Dados de localização, comprimento, número e espessuras das amostras dos testemunhos T1, SPT-Furnas e T4.

	Testemunhos		
	T1	SPT-Furnas	T4
Localização	Manguezal de Guaratiba	Canal de São Francisco	Baía de Sepetiba
Coordenadas geográficas (lat/long)	23°00'S / 43°37'W	22°55'S / 43°46'W	22°57'S / 43°47'W
Comprimento (m)	4,80	50,00	2,86
Nº de amostras	45	132	124
Espessuras das amostras (cm)	5,0	5,0	2,0

Fonte: A autora, 2017.

8.1 Testemunho T1 – Manguezal de Guaratiba

8.1.1 Modelo de Idade

A Tabela 2 apresenta os resultados das datações por radiocarbono em conchas de moluscos nos níveis 250 cm, 285 cm e 340 cm do testemunho T1. A calibração utilizada foi a 2 SIGMA, de que resultaram idades calibradas *Ano Domine* (anos cal. AD). O método forneceu também valores de $\delta^{13}\text{C}$, usados também na calibração das idades. A partir das idades calibradas em anos AP, foram calculadas as idades para os níveis analisados.

A Figura 44 mostra o modelo de idade para o testemunho T1, obtido através de interpolação linear dos resultados das datações. Com base neste modelo, foi estimada uma idade de ≈ 2.400 anos cal. AP para a base do testemunho.

Através das datações obtidas, foi possível estimar as taxas médias de sedimentação, em cm/ano (Tabela 2). As mesmas variaram entre 0,10 cm/ano no período entre 583 ± 78 e 488 ± 63 e anos cal. AP e atingiram o valor máximo de 0,51 cm/ano desde 488 ± 63 anos cal. AP e a atualidade.

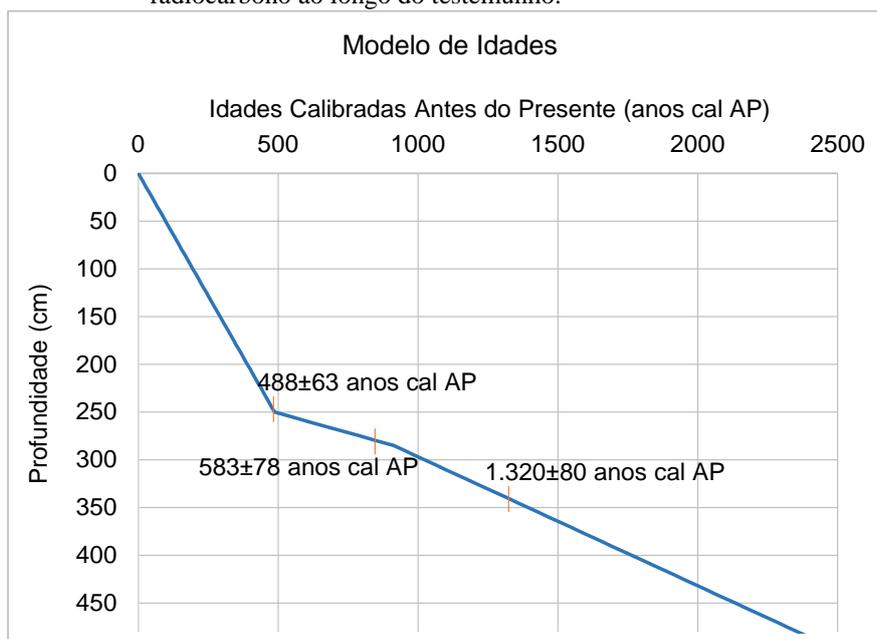
Tabela 2 – Idades de radiocarbono medidas, convencionais, e calculadas calibradas Antes do Presente (cal AP) e calibradas *Ano Domine* (AD), valores de $\delta^{13}\text{C}$ e média das taxas de sedimentação estimadas para os intervalos analisados.

Profundidade (cm)	Idade de Radiocarbono (AP)	$\delta^{13}\text{C}$	Idade Convencional de Radiocarbono (anos cal AP)	Idade Calibrada (anos cal AP)	Idade Calibrada Ano Domine (anos cal AD)	Média da Taxa de Sedimentação (cm/ano)
250	400 ± 30	0,1 ‰	810 ± 30	550 to 425 (488±63)	1400 to 1525	0,51
285	540 ± 30	0,8 ‰	940 ± 30	660 to 505 (583±78)	1290 to 1445	0,10
340	1310 ± 30	0,9 ‰	1710 ± 30	1400 to 1240 (1320±80)	550 to 710	0,13

Fonte: modificado de Pinto et al. (2016).

Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ obtidos em conchas de moluscos conchas oscilaram entre 0,1 ‰ na amostra datada em 550-425 anos cal AP (250 cm), passando por 0,8 ‰ em 660-505 anos cal AP (285 cm), e chegando a 0,9 ‰ no material com idade em 1.400-1.240 anos cal AP (340 cm).

Figura 44 – Modelo de idades para o testemunho T1, obtido por interpolação linear dos dados de radiocarbono ao longo do testemunho.



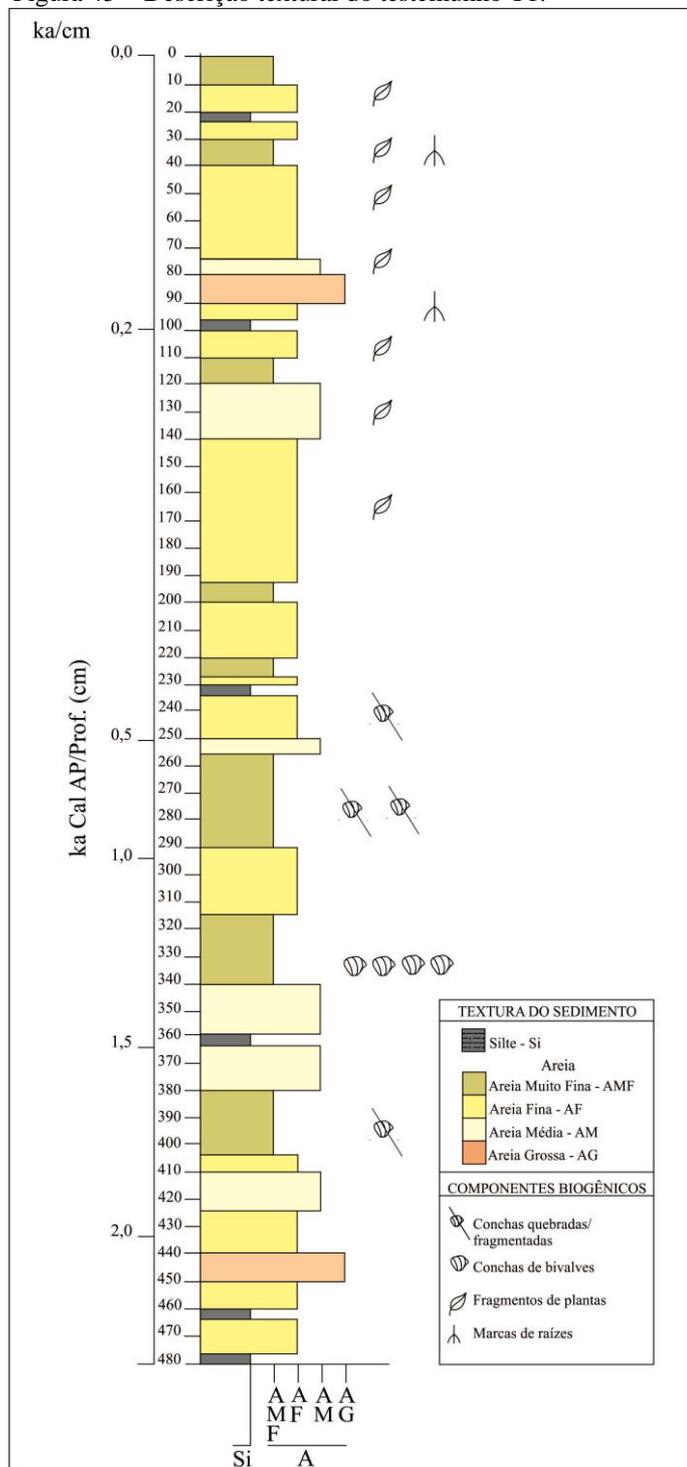
Fonte: modificado de Pinto et al. (2016).

8.1.2 Textura e Granulometria

A Figura 45 exhibe a coluna estratigráfica do testemunho T1, composto essencialmente de areia fina. Há ciclos de granodecrescência ascendente, nos quais a base é composta de areia

grossa e o topo, composta por sedimento fino, como silte (450-360 cm; 360-230 cm; 140-100 cm e 90-20 cm).

Figura 45 – Descrição textural do testemunho T1.



Fonte: modificado de Pinto et al. (2016).

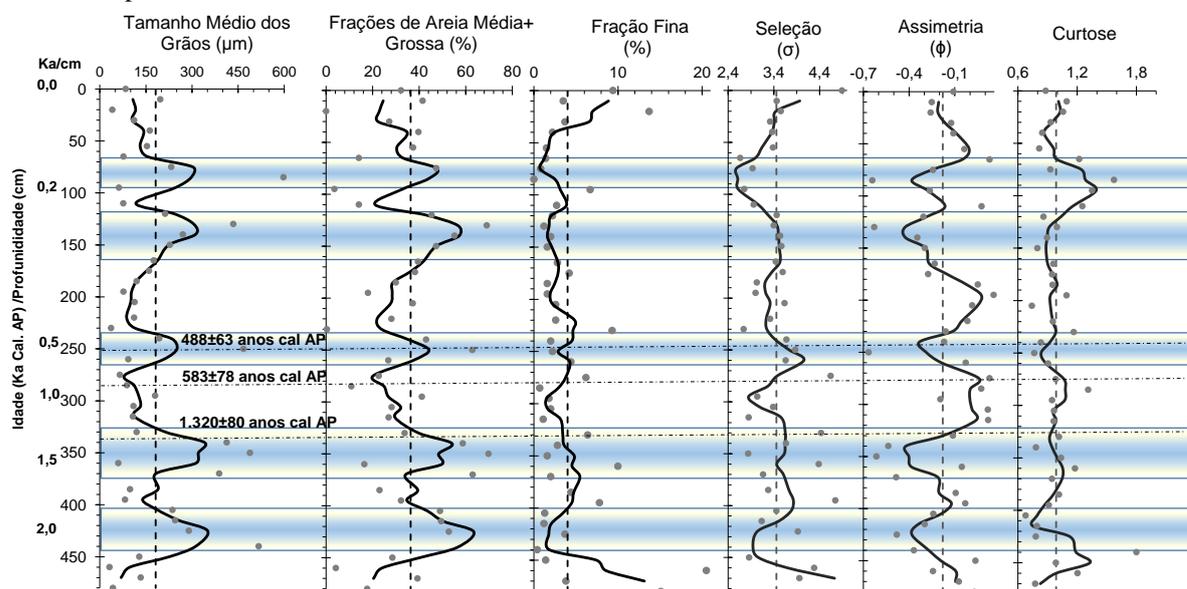
Os dados da granulometria dos sedimentos do testemunho T1 estão representados pelas porcentagens das frações de areias: grossa (1.000-500 μm), média (500-250 μm), fina

(250-125 μm) e muito fina (125-63 μm); silte: muito grosso (63-31 μm), grosso (31-16 μm), médio (16-8 μm), fino (8-4 μm) e muito fino (4-2 μm); e argila (<2 μm) (Anexo A).

Os sedimentos do testemunho T1 são compostos basicamente por areia (>63 μm ; 94-24%, média = 69 %). As porcentagens das frações finas (<63 μm) variam entre 69-6% (média = 30%). A fração fina mais abundante é silte grosso (63-31 μm), oscilando entre 29% e 1% (média= 15%). A argila (<2 μm) é a fração fina menos abundante, com um valor máximo de 7% nas amostras. Os grãos são compostos em geral por duas modas, sendo que a média de valor da moda 1 é de $\approx 380 \mu\text{m}$ e da moda 2 é $\approx 243 \mu\text{m}$. Nas frações mais grossas, os sedimentos são unimodais, o que pode ser observado também nas camadas com sedimentos mais finos.

Os resultados referentes ao tamanho médio do grão (TMG, μm), das modas dos sedimentos (μm), desvio-padrão/seleção (σ), assimetria (ϕ), curtose (K) e a classificação textural também estão representados no Anexo B, e na Figura 46, que inclui a plotagem em profundidade dos valores de seleção (σ), assimetria (ϕ) e curtose (K) juntamente com as porcentagens de areia grossa + areia média (%) e fração fina do (<63 μm , %).

Figura 46 – Plotagem dos valores de Tamanho Médio dos Grãos (TMG; μm), frações de areia média + grossa (%) e fração fina (%), seleção (σ), assimetria (ϕ) e curtose (K) dos sedimentos em função da profundidade do testemunho T1.



Nota: Os valores de cada variável são representados por pontos, a média dos valores, por linhas pretas pontilhadas, e a média móvel, por linhas pretas sólidas. Uma escala de idades estimadas em anos cal. AP, assim como idades de radiocarbono dos níveis datados são representados também na figura.

Fonte: Pinto et al. (2016).

De acordo com a Figura 46, pode-se observar que os valores do TMG variam de 31 a 598 μm , com média de 185 μm , o que comprova a descrição textural indicativa de que o

testemunho é constituído por areia fina. O tamanho dos grãos aumenta ciclicamente, como entre 450-400 cm, 370-340 cm, 255-240 cm, 175-115 cm e 90-60 cm. Essas seções do testemunho com areias mais grossas são caracterizadas principalmente pelo aumento do total de frações grossa+ areia média (100-250 μm).

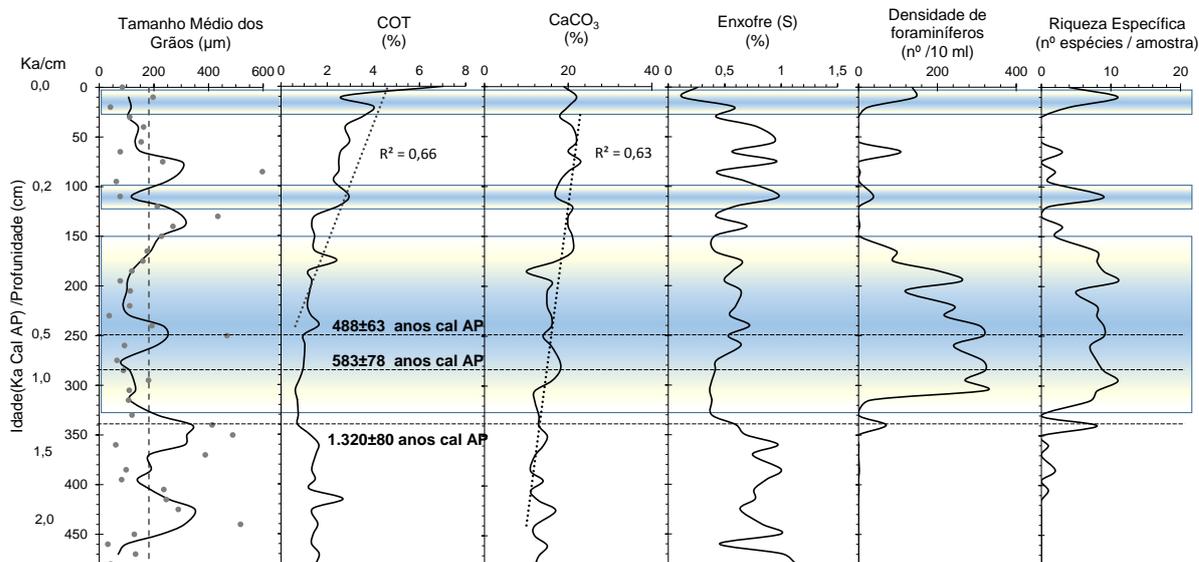
Os valores do desvio-padrão (σ) variam entre 2,04 em 440 cm e 5,94 em 480 cm, com uma média de 3,46 (Anexo B); as amostras apresentam, em geral, sedimentos pobremente selecionados. A assimetria (ϕ) apresenta valores entre -0,67 e 0,16 (média= - 0,18). Os sedimentos variam, em sua maioria, de simétricos a uma simetria muito negativa, tornando-se muito mais negativos nas seções do testemunho com sedimentos mais grossos: entre 440-425 cm (-0,48 a -0,37), 370-340 cm (-0,61 a -0,54) e 85 cm (-0,64). Os valores mais positivos de assimetria foram identificados nas camadas de 315 cm (0,12), 275 cm (0,13), 195 cm (0,15) e 65 cm (0,13), todas compostas predominantemente por areia muito fina. Os valores de curtose (k) oscilam em torno de um valor médio de 1,01 ao longo do testemunho, com predominância de sedimentos mesocúrticos.

8.1.3 Geoquímica

Juntamente com os dados granulométricos, o Anexo A apresenta os resultados de carbono orgânico total (COT, %), enxofre total (S, %), carbonato de cálcio (CaCO_3 , %). Na Figura 47, a plotagem em profundidade do tamanho médio do grão (TMG, μm) é comparada com o COT (%), o CaCO_3 (%) e o S (%). Os teores de COT vão de 0,62% (em 305 cm) a 7,03% em 0 cm, no topo do testemunho T1. Valores de COT abaixo da média (1,85%) foram registrados na seção entre 480-130 cm. A partir de 250 cm, há uma tendência de aumento para o COT ($R^2 = 0,66$, Figura 47).

Dados de isótopos estáveis foram obtidos na seção entre 340-185 cm, devido à quantidade suficiente de foraminíferos calcários encontrados nesta faixa do testemunho. Nesta seção, os valores de *A. tepida* $\delta^{18}\text{O}$ oscilaram entre -4.769 ‰ e -1.201 ‰, e os de *A. tepida* $\delta^{13}\text{C}$, entre -4.598 e -1.851 ‰ (Tabela 3).

Figura 47 – Plotagem dos valores do tamanho médio dos grãos (TMG; μm), COT (%), CaCO_3 (%) e S (%) e parâmetros bióticos – densidade de foraminíferos (testas/10 cm^3) e riqueza específica (n° de espécies/amostra).



Nota: Os dados são representados por pontos, a média dos valores, por linhas pretas pontilhadas, e a média móvel, por linhas pretas sólidas. Uma escala de idades estimadas em anos cal. AP, assim como a idades de radiocarbono dos níveis datados são representados também na figura.

Fonte: Pinto et al. (2016).

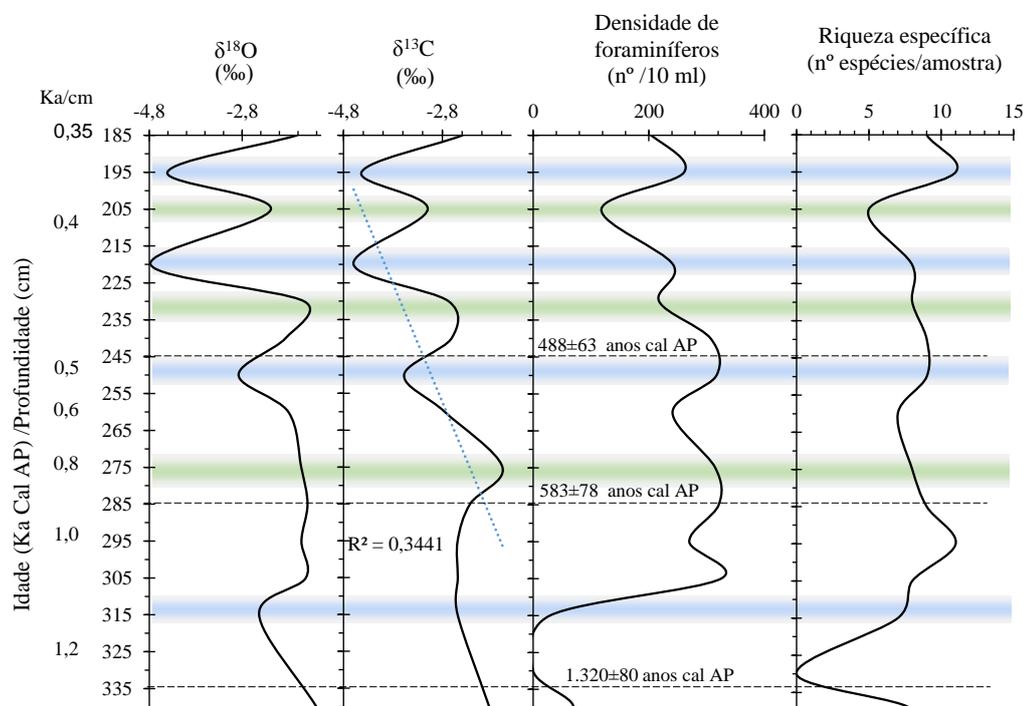
Tabela 3 – Valores de $A.tepida\delta^{18}\text{O}$ (‰) e $A.tepida\delta^{13}\text{C}$ (‰) na seção 340-185 cm do testemunho T1.

Profundidade (cm)	$A.tepida\delta^{18}\text{O}$ (‰)	$A.tepida\delta^{13}\text{C}$ (‰)
185	-1.201	-1.851
195	-1.397	-2.237
205	-1.434	-2.487
220	-1.470	-2.675
230	-1.528	-2.490
240	-1.532	-1.583
250	-1.625	-2.395
260	-1.808	-2.753
275	-1.869	-2.610
285	-2.184	-3.096
295	-2.438	-2.492
305	-2.879	-3.574
315	-4.409	-4.437
340	-4.769	-4.598

Fonte: Pinto et al. (2016).

A Figura 48 apresenta os valores em profundidade dos valores $A.tepida\delta^{18}\text{O}$ e $A.tepida\delta^{13}\text{C}$. A plotagem destes valores em profundidade mostra que eles apresentam mudanças cíclicas; e são observados aumentos simultâneos nos valores de $A.tepida\delta^{18}\text{O}$ e $A.tepida\delta^{13}\text{C}$.

Figura 48 – Valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$, densidade de foraminíferos (número de testas/10 ml de sedimento) e riqueza específica (número de espécies por amostra) na seção 340-185 cm do testemunho T1.



Nota: Estão representados também na figura: uma escala de idades estimadas em anos cal. AP, assim como as idades de radiocarbono dos níveis datados.

Fonte: Pinto et al. (2016).

8.1.4 Foraminíferos bentônicos

Foi identificado um total de 29 espécies de foraminíferos bentônicos: 13 calcárias e 16 aglutinantes (Tabela 4). A densidade de foraminíferos ao longo do testemunho T1 variou de 0 a 325 espécimes/ml. Os foraminíferos foram raros ou ausentes entre 480-350 cm, em 130 cm, entre 95-75 cm e entre 55-30 cm. A densidade mais alta foi observada entre 340-165, em 110 cm, em 65 cm e nos 20 primeiros centímetros do testemunho. Os resultados de densidade (número de espécimes/10 ml) e riqueza específica (RE, número de espécies por amostra) estão representados no Anexo A.

Na seção 340-165 cm, as assembleias são compostas na sua maioria por espécies calcárias. No entanto, nos níveis de 110 cm, 65 cm e nos primeiros 20 cm do testemunho, as assembleias incluem quase que exclusivamente espécies aglutinantes. Entre 195 cm e 175 cm, as assembleias contêm foraminíferos calcários e aglutinantes.

As espécies mais abundantes e comuns ao longo do testemunho T1 são *Ammonia parkinsoniana*, *Ammonia tepida*, *Ammonia* sp., *Arenoparrella mexicana*, *Criboelphidium excavatum*, *Criboelphidium poeyanum*, *Elphidium gunteri*, *Elphidium* sp., *Entzia macrescens*, *Haynesina germanica* e *Trochammina inflata* (Anexo C).

A Figura 49 apresenta os valores de abundância absoluta (nº/10 ml) dos principais taxa e grupos de espécies de foraminíferos bentônicos do testemunho T1. *Ammonia parkinsoniana*, *A. tepida*, *Criboelphidium/Elphidium* spp. e *H. germanica* são as espécies mais abundantes na seção 340-165 cm. Além disso, as espécies *Bolivina striatula* e *Buliminella elegantissima* têm ocorrências significativas entre 350 e 175 cm. Por outro lado, nos 150 cm mais ao topo do testemunho, onde as assemblais são compostas apenas por espécies aglutinantes, a espécie mais abundante é *A. mexicana*. Outras espécies foram também observadas, como *E. macrescens*, *Haplophragmoides manilaensis*, *Haplophragmoides wilberti*, *Miliammina fusca* e *T. inflata*.

Tabela 4 – Lista de espécies identificadas no testemunho T1.

<i>Ammoastuta inepta</i> (Cushman e McCulloch, 1939)
<i>Ammotium cassis</i> (Parker, 1870)
<i>Ammonia parkinsoniana</i> (d'Orbigny, 1839)
<i>Ammonia tepida</i> (Cushman, 1926)
<i>Ammonia rolshauseni</i> (Cushman e Bermúdez, 1946)
<i>Arenoparrella mexicana</i> (Kornfeld, 1931)
<i>Blysmasphaera brasiliensis</i> Brönnimann, 1988
<i>Bolivina striatula</i> Cushman, 1922
<i>Buliminella translucens</i> (Phleger and Parker, 1951)
<i>Buliminella elegantissima</i> (d'Orbigny, 1839)
<i>Criboelphidium excavatum</i> (Terquem, 1875)
<i>Criboelphidium poeyanum</i> (d'Orbigny, 1826)
<i>Criboelphidium vadescens</i> Cushman and Brönnimann, 1948
<i>Elphidium discoideale</i> (d'Orbigny, 1839)
<i>Elphidium gunteri</i> Cole, 1931
<i>Haplophragmoides manilaensis</i> Andersen, 1952
<i>Haplophragmoides wilberti</i> Andersen, 1953
<i>Haynesina germanica</i> (Ehrenberg, 1840)
<i>Entzia polystoma</i> (Bartenstein and Brand, 1938)
<i>Miliammina fusca</i> (Brady, 1870)
<i>Paratrochammina clossi</i> Brönnimann, 1979
<i>Quinqueloculina lamarckiana</i> d'Orbigny, 1839
<i>Siphotrochammina lobata</i> Saunders, 1957
<i>Tiphotrocha comprimata</i> (Cushman and Brönnimann, 1948)
<i>Trochammina inflata</i> (Montagu, 1808)
<i>Entzia macrescens</i> (Brady, 1870)
<i>Trochammina</i> sp.
<i>Trochamminita salsa</i> (Cushman and Brönnimann, 1948)
<i>Warrenita palustris</i> (Warren, 1957)

Fonte: Pinto et al. (2016).

8.1.5 Resultados estatísticos

O Anexo D apresenta as correlações de Pearson obtidas nos níveis analisados no testemunho T1, considerando as seguintes variáveis: TMG (μm), areia muito fina (63-125 μm , %), COT (%), S (%) e densidade de foraminíferos ($\text{n}^\circ/ 10 \text{ ml}$). Foi considerada a abundância absoluta ($\text{n}^\circ/ 10 \text{ ml}$) das seguintes espécies: *A. parkinsoniana*, *A. tepida*, *A. mexicana*, *B. striatula*, *B. elegantissima*, *C. excavatum*, *C. poeyanum*, *Criboelphidiumvadescens*, *Elphidiumdiscoidale*, *E. gunteri*, *Elphidium* sp., *E. macrescens*, *H.germanica* and *T.inflata*.

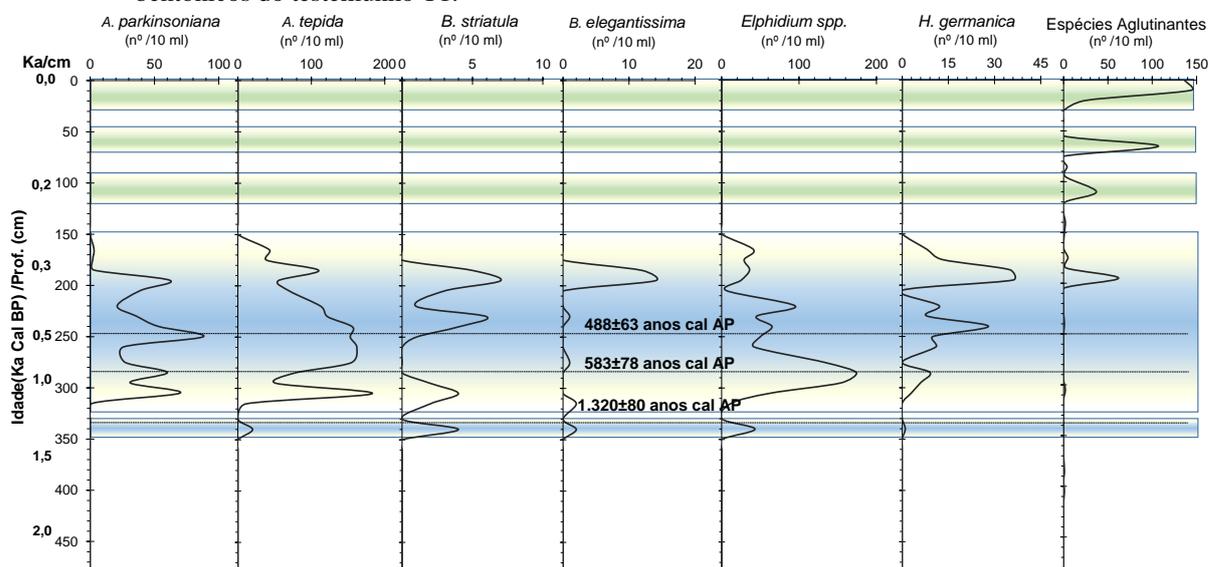
A tabela mostra que: i) a fração de areia fina (63-125 μm) tem correlações positivas significativas com a densidade de foraminíferos e a riqueza específica; ii) o COT tem correlações positivas significativas com CaCO_3 , *A. mexicana*, *T. inflata* e *E. macrescens*, e uma correlação negativa com a maioria das espécies calcárias identificadas, como *A. parkinsoniana*, *A. tepida*, *B. striatula*, *B. elegantissima*, *C. excavatum*, *C. poeyanum*, *E. discoidale*, *E. gunteria*, *H.germanica*; iii) as principais espécies calcárias apresentam correlações positivas umas com as outras; iv) *A. tepida* tem uma correlação positiva significativa com *B. elegantissima*; v) *A. parkinsoniana* mostra uma correlação positiva significativa com *B. striatula*; e vi) o Enxofre Total (S) tem correlação negativa significativa com CaCO_3 , riqueza específica, densidade e muitas espécies calcárias, como *A. parkinsoniana*, *A. tepida*, *A. mexicana*, *C. excavatum*, *C. poeyanum*, *T. inflata* e *E. macrescens*.

As correlações entre essas variáveis são expressas nos resultados dos dois primeiros fatores extraídos do PCA – Fator 1 e Fator 2 – que juntos explicam 58% da variabilidade dos dados (Tabela 5). Através da plotagem entre os fatores, é possível distinguir quatro principais grupos de variáveis, como mostra a Figura 50: os grupos referidos são constituídos pelas seguintes variáveis: I – COT e S; II – riqueza específica, densidade, areia muito fina (63-125 μm), *A. parkinsoniana*, *A. tepida*, *B. elegantissima*, *B. striatula*, *C. excavatum*, *C. poeyanum*, *C. vadescens*, *E. discoidale*, *E. gunterie* *H. germanica* e; III – COT, CaCO_3 , *A. mexicana*, *E. macrescens* e *T. inflata* e IV – S.

Considerando todos os níveis analisados, o COT é a única variável com correlação positiva significativa ($p > 0.50$) com o Fator 1, que explica 40% da variabilidade dos dados (Tabela 6). Este fator tem correlações negativas significativas com muitas variáveis como riqueza específica, densidade, *A. parkinsoniana*, *A. tepida*, *B. striatula*, *C. excavatum*, *C. poeyanum*, *C. vadescens*, *E. discoidale*, *E. gunteri*, *Elphidium* sp. e *H. germanica*. O Fator 2,

que explica 18% da variabilidade dos dados, tem correlação positiva significativa ($p > 0.50$) com o COT, *E. macrescens*, *T. inflata* e *A. mexicana* (Tabela 5).

Figura 49 – Valores de abundância absoluta (nº/10 ml) dos principais taxa e grupos de espécies de foraminíferos bentônicos do testemunho T1.



Nota: Estão representados também na figura: uma escala de idades estimadas em anos cal. AP, assim como as idades de radiocarbono dos níveis datados.

Fonte: Pinto et al. (2016).

Tabela 5 – Correlações associadas aos Fatores 1 e 2, que explicam juntos 58% da variabilidade dos dados, em análise de PCA.

Variáveis/ Fatores	Fator 1	Fator 2
Tamanho médio do grão (μm)	0,18	-0,25
Areia muito fina (%)	-0,35	0,21
Carbono orgânico total (%)	0,50	0,58
Enxofre total (%)	0,40	-0,43
Carbonato de cálcio (%)	0,13	0,41
Riqueza específica (nº espécies /amostra)	-0,84	0,37
Densidade de foraminíferos (nº espécimes/10 ml)	-0,89	0,35
<i>Ammonia parkinsoniana</i> (%)	-0,91	-0,06
<i>Ammonia tepida</i> (%)	-0,96	-0,10
<i>Arenoparrella mexicana</i> (%)	0,06	0,90
<i>Bolivina striatula</i> (%)	-0,70	0,08
<i>Buliminella elegantissima</i> (%)	-0,43	0,30
<i>Criboelphidium excavatum</i> (%)	-0,92	-0,22
<i>Criboelphidium poeyanum</i> (%)	-0,90	-0,23
<i>Criboelphidium vadescens</i> (%)	-0,57	0,13
<i>Elphidium discoidale</i> (%)	-0,51	-0,22
<i>Elphidium gunteri</i> (%)	-0,76	-0,23
<i>Elphidium</i> sp. (%)	-0,62	-0,10
<i>Haynesina germanica</i> (%)	-0,83	0,06
<i>Trochammina inflata</i> (%)	-0,02	0,88
<i>Entzia macrescens</i> (%)	-0,10	0,86
Variabilidade explicada	0,40	0,18

Nota: As correlações significativas ($p > 0.50$) estão destacadas em negrito.

Fonte: Pinto et al. (2016).

Na seção 185-340 cm, dados isotópicos obtidos em testas de *A. tepida* foram confrontados com variáveis selecionadas (riqueza específica, densidade, abundância das espécies e parâmetros abióticos) através das correlações de Pearson (Anexo E). Os valores de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^{13}\text{C}$ mostraram correlações positivas significativas entre si e com a riqueza específica, densidade, *A. mexicana*, *B. elegantissima* e *B. striatula*. Os valores de $\delta^{18}\text{O}$ também são correlacionados positivamente com os teores de COT.

Estas correlações são expressas em grupos estabelecidos pelo PCA da Figura 50B. Na interpolação dos Fatores 1 e 2, que explicam 51% da variabilidade dos dados (Tabela 6), destaca-se o grupo II, relacionado a sedimentos mais finos, em oposição ao grupo I, composto por frações de areias médias e grossas. O grupo II é composto ainda pelas seguintes variáveis: $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^{13}\text{C}$, COT, riqueza específica, densidade, CaCO_3 , *A. parkinsoniana*, *A. tepida*, *H. germanica*, *C. poeyanum* e *C. vadescens*. O grupo III engloba *B. striatula*, *B. elegantissima*, *A. mexicana*, *E. macrescens* e *T. inflata* com COT.

Tabela 6 – Correlações associadas aos Fatores 1 e 2, que explicam juntos 51% da variabilidade dos dados, incluindo isótopos ($\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^{13}\text{C}$), em análise de PCA.

Variáveis / Fatores	Fator 1	Fator 2
$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	-0,93	0,00
$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	-0,87	0,05
Fração total de areia (%)	0,51	0,17
Fração total de finos (%)	-0,65	-0,11
Fração de argila (%)	-0,23	-0,16
Fração de areia grossa+ média (%)	0,41	0,31
Carbono orgânico total (%)	-0,70	0,30
Enxofre total (%)	-0,30	0,16
Carbonato de cálcio (%)	-0,38	-0,35
Riqueza específica (n° species /sample)	-0,35	0,13
Densidade de foraminíferos (n° specimens/10 ml)	-0,80	-0,33
<i>Ammonia parkinsoniana</i> (%)	-0,69	-0,25
<i>Ammonia tepida</i> (%)	-0,74	-0,38
<i>Arenoparrella mexicana</i> (%)	-0,35	0,71
<i>Bolivina striatula</i> (%)	0,07	0,75
<i>Buliminella elegantissima</i> (%)	-0,01	0,84
<i>Criboelphidium poeyanum</i> (%)	-0,38	-0,83
<i>Criboelphidium vadescens</i> (%)	-0,45	-0,03
<i>Elphidium discoideale</i> (%)	0,09	-0,39
<i>Criboelphidium excavatum</i> (%)	0,14	-0,84
<i>Elphidium gunteri</i> (%)	0,05	-0,73
<i>Haynesina germanica</i> (%)	-0,72	0,25
<i>Trochammina inflata</i> (%)	-0,35	0,76
<i>Entzia macrescens</i> (%)	-0,39	0,83
Variabilidade explicada	0,26	0,25

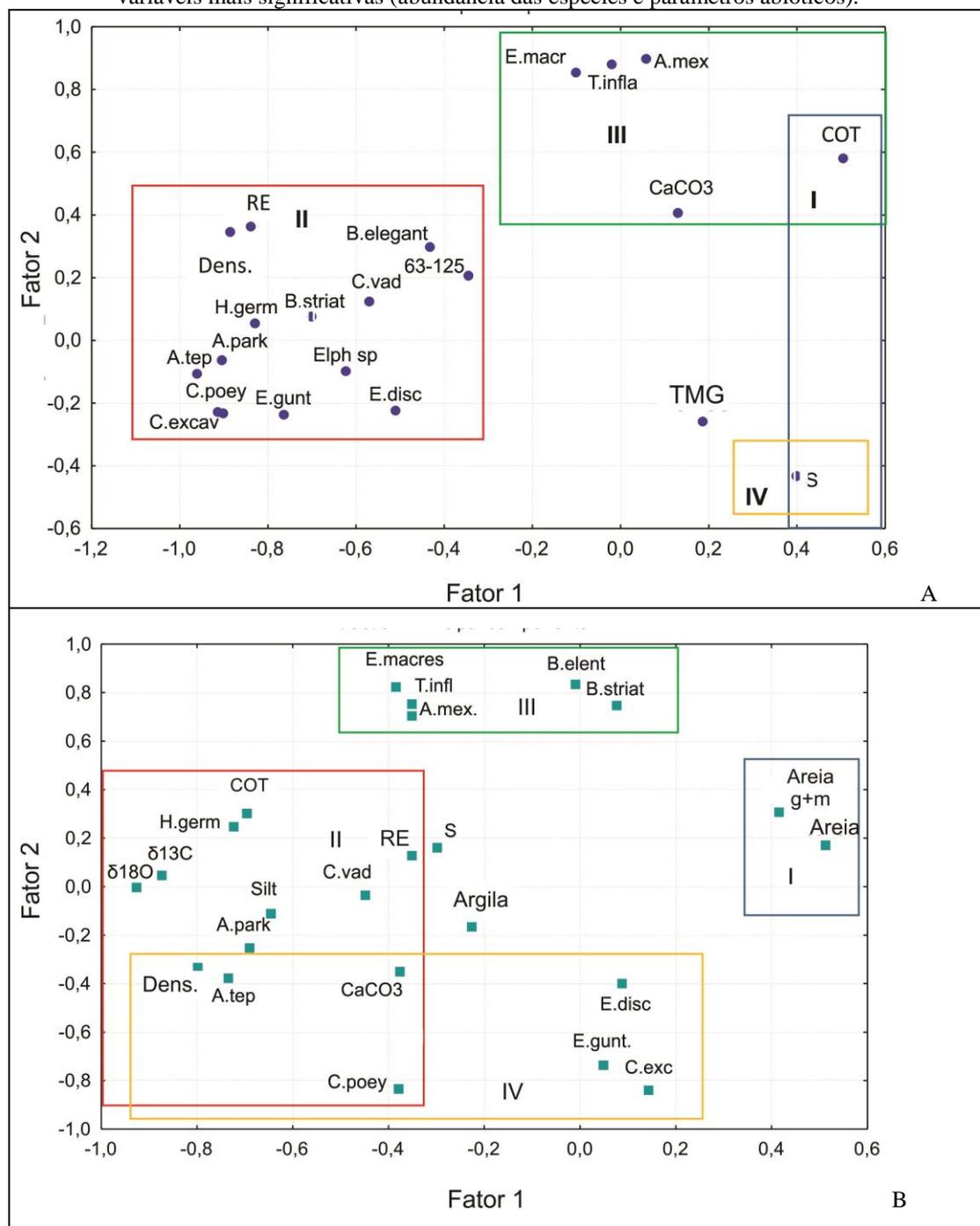
Nota: As correlações significativas ($|p| > 0,50$) estão destacadas em negrito.

Fonte: Pinto et al. (2016).

Estes resultados evidenciam que valores isotópicos mais positivos estão relacionados com o aumento de COT, com a densidade dos foraminíferos, devido à presença de muitas espécies calcárias, e à riqueza específica. Eles também mostram que em um ambiente caracterizado por concentrações relativamente baixas de COT, o aumento desta variável determina a proliferação de *B. striatula*, *B. elegantissima* e das referidas espécies aglutinantes.

A Figura 51 inclui a plotagem em profundidade dos *scores* dos Fatores 1 e 2 ao longo do testemunho T1, do PCA da Figura 50A, em comparação com a densidade de foraminíferos, abundância de espécies aglutinantes e valores da razão C/S. Os valores dos *scores* do Fator 1 diminuem significativamente em torno de 340 cm e na seção 330-165 cm, em coincidência com a queda na diversidade dos foraminíferos. O *Score* do Fator 2 aumenta principalmente em 195 cm, 110 cm, 65 cm e nos primeiros 20 cm do testemunho. O aumento dos valores do *Score* do Fator 2 corresponde ao aumento na abundância dos espécies de foraminíferos aglutinantes. Os valores da razão C/S aumentam discretamente entre 175-30 cm e apresentam um destacável aumento de 20 cm até o topo do testemunho.

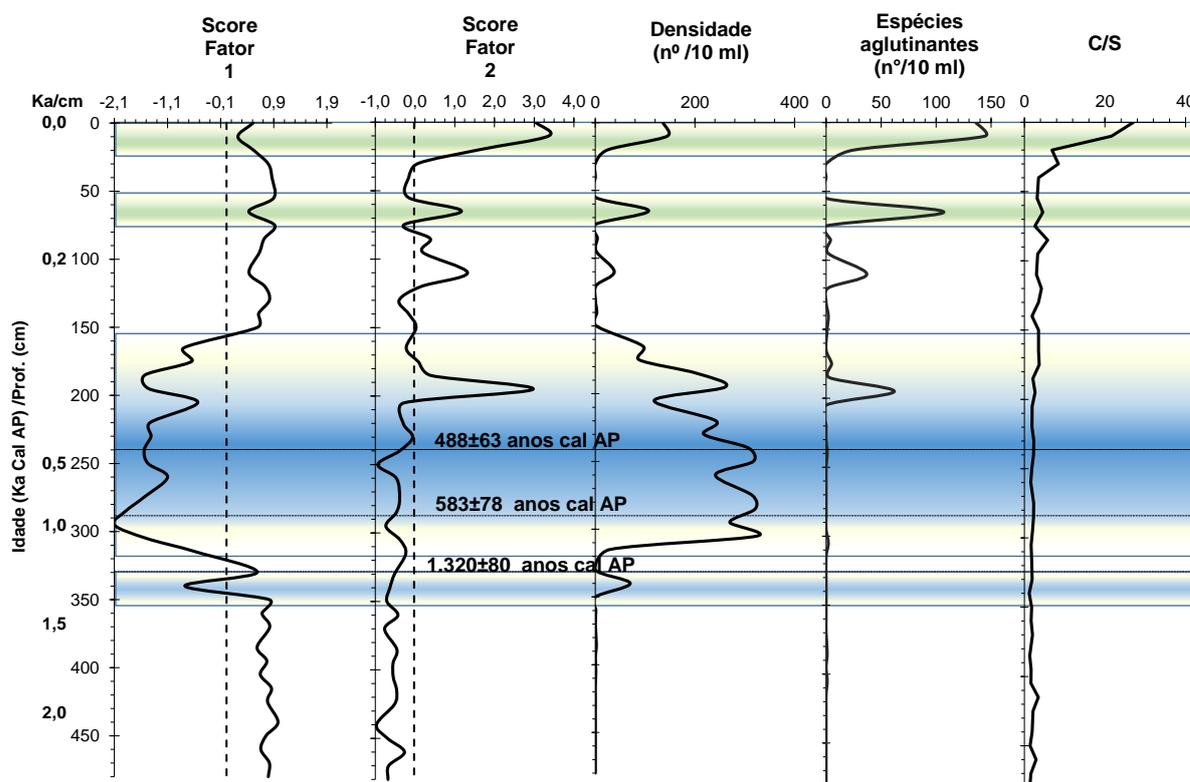
Figura 50 – Resultados da Análise de Componentes Principais (PCA, na sigla em inglês) baseados nas variáveis mais significativas (abundância das espécies e parâmetros abióticos).



Legenda: A - em todos os níveis estudados do testemunho T1; B - nos níveis do testemunho T1 com dados isotópicos, na seção 340-185 cm. Legenda: TMG - tamanho médio do grão (μm); Areia g+m - areia grossa+média; 63-125 - areia muito fina (%); COT- carbono orgânico total (%); S- enxofre total (%); CaCO_3 - carbonato de cálcio (%); RE - riqueza específica (nº espécies/amostra); Dens. - densidade de foraminíferos (nº/10 ml); A.park - *Ammonia parkinsoniana* (nº/10 ml); A.tep - *Ammonia tepida* (nº/10 ml); A.mex - *Arenoparrella mexicana* (nº/10 ml); B.striat - *Bolivina striatula* (nº/10 ml); B.elegant - *Buliminella elegantissima* (nº/10 ml); C.poe - *Criboelphidium poeyanum* (nº/10 ml); C.vad - *Criboelphidium vadescens* (nº/10 ml); E.disc - *Elphidium discoidale* (nº/10 ml); C.ex - *Criboelphidium excavatum* (nº/10 ml); E.gunt - *Elphidium gunteri* (nº/10 ml); Elph. sp. - *Elphidium* sp. (nº/10 ml); H.germ - *Haynesina germanica* (nº/10 ml); T.infla - *Trochammina inflata* (nº/10 ml); E.macr - *Entzia macrescens* (nº/10 ml).

Fonte: modificado de Pinto et al. (2016).

Figura 51 – Gráficos dos *scores* dos Fatores 1 e 2 ao longo do testemunho T1 – comparação com a densidade dos foraminíferos (nº/10 ml), abundância de espécies aglutinantes (nº/10 ml) e os valores da razão C/S.



Nota 1: Estão também representadas: a escala de idades estimadas em anos cal. AP, assim como as idades de radiocarbono dos níveis datados.

Nota 2: As bandas azuis representam períodos de imersão da área de estudo e as verdes representam períodos de desenvolvimento e estabelecimento do manguezal atual.

Fonte: Pinto et al. (2016).

8.1.6 Discussão dos resultados do testemunho T1

8.1.6.1 *Dados sedimentológicos*

Os sedimentos do testemunho T1 são compostos essencialmente por quartzo. A seção mediana do testemunho (entre 340-150 cm) mostra também abundantes partículas biogênicas (conchas de moluscos e testas de foraminíferos); fragmentos de plantas são observados nos primeiros 150 cm.

O testemunho é composto basicamente de sedimentos pobremente selecionados, representados por sedimentos finos e areia muito fina. Foram registrados, entretanto, componentes mais grossos (areia média a grossa) que aumentam ciclicamente, como nos

intervalos entre 450-400 cm, 370-340 cm, 255-240 cm, 175-115 cm e 90-60 cm. Essas características revelam que a hidrodinâmica relacionada com o transporte e a deposição dos sedimentos oscilou de moderado a relativamente alto durante os últimos 2.400 anos cal. AP na área de estudo. Condições de hidrodinâmica mais forte podem ter ocorrido há ≈ 2000 anos cal. AP, ≈ 1500 anos cal. AP, ≈ 500 anos cal. AP, ≈ 250 anos cal. AP e ≈ 100 anos cal. AP.

No entanto, na seção entre 340-165 cm, os sedimentos tendem a ser mais finos e apresentar menores valores de seleção e mais positivos de assimetria, e valores intermediários de curtose. Estes resultados sugerem que os sedimentos depositados entre 1.300-300 anos cal. AP tendem a ser mais bem selecionados, com assimetria mais positiva e mais platicúrticos, com exceção do material depositado há cerca de 500 anos cal. AP. Tais características texturais indicam uma longa prevalência de condições ambientais menos variáveis e relativamente fracas, que teriam interrompido os ciclos de alta hidrodinâmica há cerca de 500 anos cal. AP.

As porcentagens de COT e S nos sedimentos depositados entre 1.300-300 anos cal. AP (entre 340-165 cm, a seção mediana do testemunho) são relativamente baixas, e nas seções correspondentes a este período, há conchas de moluscos bem preservadas e densidades relativamente altas de testas de foraminíferos bentônicos calcários.

Nas seções mais ao topo do testemunho e que corresponde aos últimos 100 anos cal. AP (50 cm mais superficiais), os sedimentos finos tendem a predominar. Neste período, os valores de seleção dos grãos e curtose tendem a aumentar, e a assimetria, diminuir. Tais características revelam que os sedimentos tornaram-se cada vez menos selecionados, com assimetria mais negativa e mais leptocúrticos, o que pode estar relacionado a condições de menor hidrodinâmica, intercaladas com fases de correntes de maior energia.

Os teores de S tendem a aumentar nas seções onde os valores de COT são relativamente altos. Entretanto, o S apresenta as mais baixas concentrações na seção mais superior do testemunho, onde foram registradas as mais altas concentrações de COT. Estes resultados indicam que os valores de S devem estar relacionados essencialmente a processos diagenéticos provenientes da degradação de matéria orgânica e formação biogênica de pirita (FeS), em ambientes anóxicos (SAUNDERS et al. 1997; KOHN et al. 1998). A redução nas concentrações de S nos 40 cm mais superficiais do testemunho T1 pode estar relacionada a condições menos favoráveis à formação e à preservação de pirita, a despeito do alto conteúdo de COT (MARTINS et al., 2015a).

As características texturais observadas no testemunho T1 estão de acordo com o cenário ambiental do Manguezal de Guaratiba, que corresponde a uma zona intermarés de baixa energia (PEREIRA et al., 2007).

8.1.6.2 Composição das assembleias de foraminíferos bentônicos

As assembleias de foraminíferos bentônicos ao longo do testemunho T1 mostram riqueza específica relativamente baixa, incluindo em sua maioria espécies como *A. parkinsoniana*, *A. tepida*, *A. mexicana*, *C. excavatum*, *C. poeyanum*, *E. gunteri*, *Elphidium* sp., *H. germanica*, *T. inflata* e *E. macrescens*. Essas espécies são comuns tanto no Manguezal de Guaratiba quanto na Baía de Sepetiba, como observado por Zaninetti et al. (1976, 1977), Brönnimann et al. (1981a,b), Laut et al. (2006, 2009, 2012, 2014) e Laut e Rodrigues (2011); são comuns também em outros sistemas transicionais ao redor do mundo (MURRAY, 1991; 2006; COCCIONI et al., 2009; FRONTALINI et al., 2009, 2010, 2011; CAMACHO et al., 2015; CLEMENTE et al., 2015; LAUT et al. 2016a; MARTINS et al., 2010, 2011, 2013, 2014, 2015b, c, d; 2016d). O tamanho e a composição das assembleias mostram mudanças significativas ao longo do testemunho. Estas variações são parcialmente relacionadas ao tamanho dos grãos e à composição do sedimento, como indicado pelos resultados do PCA mostrados na Figura 50A e nas correlações de Pearson (Tabela 5).

A estrutura do grupo II do PCA (Figura 50A) mostra que a riqueza específica, assim como a densidade e a abundância de *A. parkinsoniana*, *A. tepida*, *B. striatula*, *B. elegantissima*, *C. excavatum*, *C. poeyanum*, *C. vadescens*, *E. discidale*, *E. gunteri* e *H. germanica* são essencialmente relacionadas ao aumento da fração de areia muito fina (63-125 µm). Inversamente, as espécies *E. macrescens*, *T. inflata* e *A. mexicana* estão mais relacionadas ao enriquecimento de COT e CaCO₃. Estas variáveis alcançaram os valores mais altos no topo do testemunho, onde as espécies calcárias são ausentes, dando lugar à fauna aglutinante. Estes resultados sugerem que o tamanho e a estrutura das assembleias de foraminíferos foram influenciados pela hidrodinâmica e pela evolução das condições ambientais.

O Fator 1 do PCA (Figura 50 A) tem uma correlação positiva significativa com COT e correlação negativa com a riqueza específica, densidade, *A. parkinsoniana*, *A. tepida*, *B. striatula*, *C. excavatum*, *C. poeyanum*, *C. vadescens*, *E. discidale*, *E. gunteri*, *Elphidium* sp. e

H. germanica. Esta correlação negativa indica um forte impacto negativo que o enriquecimento de matéria orgânica causa sobre a microfauna. O aumento excessivo de matéria orgânica causa a redução no tamanho e na diversidade dos foraminíferos, além da perda de espécies calcárias nos níveis mais superiores, depositados nos últimos 300 anos cal. AP (150 cm mais superficiais). Outros processos de degradação de matéria orgânica produzem ácidos orgânicos que contribuem para a diminuição do pH nos sedimentos e a dissolução das testas calcárias (MARTINS et al., 2015 b, c) ou que causam a inabilidade dos foraminíferos em calcificar suas testas (NOOIJER et al., 2009; UTHICKE et al., 2013). A queda no pH pode ter sido a principal causa da ausência total de espécies calcárias nos últimos ≈ 300 anos cal. AP (150 cm mais superficiais). No entanto, esta proposição tem que ser considerada com cautela, uma vez que um gradual aumento nos teores de CaCO_3 foi observado. Além do que, os valores mais altos de carbonatos foram encontrados justamente nos últimos 160 cm do testemunho, coincidindo com os valores mais altos de COT. Estes resultados indicam que os carbonatos destes sedimentos não estão relacionados aos materiais provenientes das rochas erodidas pelos rios que desembocam na área de estudo, e sim que podem ter sido depositados em séries evaporíticas, registradas em ambientes secos (e.g. WARREN, 1989, 1999; ROUCHY et al., 2001).

Esta possibilidade está de acordo com as características presentes do Manguezal de Guaratiba, um ecossistema transicional hipersalino (PEREIRA et al., 2007), que parece ser favorável à precipitação de carbonatos.

Na seção mediana do testemunho (340-165 cm), os sedimentos são finos, e apresentam valores de COT relativamente baixos. Esta seção é caracterizada por uma fauna mais diversificada e abundante de foraminíferos, dominada por espécies calcárias. Em tais condições, a fauna de foraminíferos responde positivamente ao discreto aumento de matéria orgânica. Esta resposta é indicada pela riqueza específica e densidade, e pela abundância de *A. parkinsoniana*, *A. tepida*, *H. germanica*, *C. poeyanum* e *C. vadescens* (Figura 45B; Grupo II). Isto é também sugerido pelo aumento de espécies como *B. striatula*, *B. elegantissima*, *A. mexicana*, *E. macrescens* e *T. inflata* (Figura 48B; Grupo III), notadamente conhecidas pela sua afinidade a altos teores de matéria orgânica na região (LAUT et al. 2006, 2009, 2011, 2012; LAUT e RODRIGUES, 2011) e em outros sistemas costeiros (ex. COCCIONI et al., 2009; FRONTALINI et al., 2009, 2010, 2011; MARTINS et al., 2010, 2011, 2013, 2015 b, c, d, 2016; CLEMENTE et al., 2015).

Em alguns níveis do testemunho T1, as assembleias de foraminíferos são pequenas e compostas de espécies calcárias e aglutinantes, como observado entre 195-175 cm. Nestes

níveis, espécies como *B. striatula*, *B. elegantissima* coexistem com *A. mexicana*. O aumento dessas espécies pode estar relacionado ao aumento do COT no período entre ≈ 380 -350 anos cal AP. Assim, as regiões do testemunho onde ocorrem estas características sedimentológicas e microfaunísticas podem representar paleoeventos de aumento no suprimento de matéria orgânica em ambientes bentônicos e de depleção de oxigênio em águas rasas. Estas espécies possuem comportamento oportunista quando o suprimento de matéria orgânica aumenta e são tolerantes a condições de baixa oxigenação (BRÖNNIMANN et al., 1981 a, b; SEN GUPTA e MACHAIN-CASTILLO, 1993; MOODLEY et al., 1997, 1998; SEMENSATTO-Jr et al., 2004; LAUT et al., 2009). A referida assembleia é também considerada de transição, entre assembleias essencialmente calcárias desenvolvidas no período entre ≈ 1300 -380 anos cal AP (340-195 cm), e uma microfauna exclusivamente aglutinante, que colonizou a área nos últimos ≈ 300 anos cal AP (150-0 cm). Esta assembleia inclui espécies como *A. mexicana*, *E. macrescens*, *H. manilaensis*, *H. wilberti*, *M. fusca* e *T. inflata*. A presença exclusiva de espécies aglutinantes e a ausência de espécies calcárias nestes níveis são indicativas de uma fauna típica de manguezal, associada a altos teores de matéria orgânica, expressivas e erráticas oscilações de parâmetros ambientais e altos valores de salinidade (LAUT et al., 2006, 2011, 2012; LAUT e RODRIGUES, 2011; MURRAY e ALVE, 2011; CAMACHO et al., 2015).

De acordo com compilação de Murray (2006), estas espécies aglutinantes são típicas de pântanos salinos e manguezais. Tais características na microfauna de foraminíferos foram também observadas por outros autores (ex. ZANINETTI et al., 1979; BRÖNNIMANN et al., 1981b; SCOTT et al., 1990). Na seção mais superficial do testemunho, os sedimentos são mais finos e mostram altos valores de COT. Estas feições indicam um aumento no grau de confinamento da região, que pode também ter evitado o desenvolvimento de espécies de foraminíferos bentônicos mais sensíveis a condições de baixa oxigenação e aumento excessivo de salinidade.

8.1.6.3 *Mudanças ambientais nos últimos 2.400 anos cal AP*

Características texturais e composicionais dos sedimentos, abundância e riqueza específica, e a composição das assembleias do testemunho T1 indicam mudanças ambientais

significativas ao longo dos últimos 2.400 anos na área ocupada atualmente pelo Manguezal de Guaratiba.

As testas de foraminíferos bentônicos são ausentes ou raras nos sedimentos depositados, por exemplo, entre ≈ 2.400 -1.400 anos cal. AP (480-350 cm), há ≈ 250 anos cal. AP (130 cm), entre ≈ 200 -150 anos cal. AP (95-75 cm) e entre ≈ 100 -50 anos cal. AP (55-30 cm).

Os sedimentos depositados no período entre ≈ 2.400 -1.400 anos cal. AP (480-350 cm) são caracterizados por partículas grandes, teores relativamente baixos de carbonatos, valores medianos de COT e testas ausentes ou raras de foraminíferos, assim como de fragmentos de conchas. Estas características estão de acordo com a prevalência de condições hidrodinâmicas mais fortes na área de estudo, que evitam o estabelecimento de populações de moluscos e de foraminíferos bentônicos.

Considerando os estudos de Roncarati e Carelli (2012), a Baía de Sepetiba devia estar protegida pela Restinga da Marambaia a partir de 3.440 anos AP. As características texturais e composicionais dos sedimentos depositados entre ≈ 2.400 -1.900 anos cal. AP (480-415 cm) indicam que os mesmos podem pertencer a um banco de areia. Este banco de areia deveria estar localizado na interface entre uma zona de quebra de ondas e uma zona de praia, com períodos de exposição subaérea e seca prolongada.

Os sedimentos depositados entre ≈ 1.400 -300 anos cal AP (350-150 cm) são destacam-se pela redução no tamanho dos grãos, valores relativamente baixos de COT e carbonatos, e as mais altas densidades e diversidades de foraminíferos, assim como quantidades relativamente abundantes de bioclastos, e fragmentos e conchas de moluscos. As assembleias de foraminíferos neste período são compostas em sua maioria por espécies calcárias como *A. parkinsoniana*, *A. tepida*, *Ammonia* sp., *C. excavatum*, *C. poeyanum*, *E. gunteri*, *Elphidium* sp. e *H. germanica*. Estas espécies são comuns em ambientes costeiros de transição em diversas regiões do mundo (MURRAY, 1991; 2006) e são muito comuns em ambientes marinhos rasos da Baía de Sepetiba (ZANINETTI et al., 1977; BRÖNNIMANN et al., 1981 a, b; LAUT et al., 2009, 2012). Tais assembleias indicam que a área de estudo passou por um período de imersão entre ≈ 1.400 e 300 anos cal. AP, o que pode ser apoiado também pelos valores da razão C/S (Figura 49), que são similares às encontradas em sedimentos marinhos (MORSE e EMEIS, 1990).

Entretanto, os resultados de $A. tepida \delta^{18}O$ e $A. tepida \delta^{13}C$ mostram algumas oscilações dentro do período ≈ 1.400 -300 anos cal. AP (350- 150 cm). O aumento dos valores de $A. tepida \delta^{18}O$ deve estar relacionado à influência de águas marinhas mais frias. Estes eventos são

também correlacionados positivamente com valores de $A.tepida\delta^{13}C$, ligados provavelmente a uma contribuição relativamente alta de carbono orgânico proveniente de produtividade biológica marinha. Os valores de $A.tepida\delta^{13}C$ obtidos no testemunho T1 são similares aos registrados em espécimes vivos de *A. parkinsoniana* na Laguna de Bizerte (MARTINS et al. 2015 d). Nesta laguna, a matéria orgânica que chega às comunidades bentônicas parece estar mais relacionada à produtividade marinha lagunar, com uma contribuição continental mais fraca (MARTINS et al., 2015 d).

Entretanto, os valores de $A.tepida\delta^{18}O$ obtidos no testemunho T1 são muito mais baixos do que os obtidos por Martins et al. (2015 d) na Laguna de Bizerte. Esta diferença pode estar relacionada à maior contribuição continental sobre a Baía de Sepetiba, quando comparada à Laguna de Bizerte, que é francamente influenciada por águas do Mar Mediterrâneo. O Manguezal de Guaratiba recebe as desembocaduras dos rios Piracão e Piraquê, assim como as plumas de baixa salinidade do escoamento de outros rios que fluem para a Baía de Sepetiba. Além disso, na Laguna de Bizerte, os rios possuem menor extensão e recebem descargas muito mais sazonais, devido às características climáticas semidesérticas da região que fazem as águas do Mar Mediterrâneo exercerem uma influência tão importante ao sistema.

Deste modo, os resultados de $A.tepida\delta^{18}O$ e $A.tepida\delta^{13}C$ indicam uma influência marinha no período entre $\approx 1400-300$ anos cal. AP (350-150 cm). Estes eventos podem estar relacionados a fases com maior incursão marinha na área de estudo. A plotagem em profundidade dos *scores* dos Fatores 1 e 2, da densidade dos foraminíferos, da abundância das espécies aglutinantes e dos valores das razão C/S (Figura 51) ao longo do testemunho T1, assim como a descrição de outros parâmetros bióticos e abióticos auxiliam a proposta das possíveis condições que prevaleceram na área de estudo nos últimos 2400 anos cal AP. Os resultados dos *scores* do Fator 1 sugerem que a área de estudo esteve sob a ação de ondas e de processos subaéreos praias entre $\approx 2.400-1.400$ anos cal. AP. Posteriormente, entre 1400-300 anos cal. AP, a região esteve sob condições de submersão. As assembleias de foraminíferos neste período apresentam altos valores de abundância e são similares às encontradas em ambientes marinhos rasos e protegidos da Baía de Sepetiba. Esta fase foi mais bem marcada entre $\approx 850-380$ anos cal. AP e evoluiu durante os últimos ≈ 350 anos cal. AP para as atuais características da região do Manguezal de Guaratiba.

Este ambiente de manguezal parece ter sido mantido nos últimos ≈ 100 anos cal. AP. As razões para esta imersão na região ainda não são bem compreendidas. No entanto, sugere-se que ela esteja relacionada a pequenas oscilações do nível do mar induzidas por oscilações climáticas (no limite entre Período Quente Medieval e a Pequena Idade do Gelo) e pela

evolução da Restinga da Marambaia. Na Baía de Sepetiba, o evento regressivo mais significativo desde o máximo transgressivo do Holoceno (registrado em torno de 5.100 anos AP), ocorreu em torno de 2.400 anos cal. AP, de acordo com Pereira e Santos (2012), que se basearam em dados sedimentológicos e biológicos (conchas de moluscos). A partir daí, o nível do mar apresentou uma tendência a diminuir, com pequenas oscilações (PEREIRA e SANTOS, 2012). Uma possível ruptura da Restinga da Marambaia também pode ser sugerida para o contexto de submersão da área de estudo no período entre 1.400-300 anos cal AP. De acordo com Roncarati e Barrocas (1978) e Roncarati e Carelli (2012), a barra arenosa se rompeu muitas vezes no passado, o que teria levado a fases de maior entrada de águas marinhas no sistema.

8.2 Testemunho SPT-Furnas– Canal do Rio São Francisco

8.2.1 Modelo de Idade

A Tabela 7 apresenta os resultados das datações por radiocarbono em quatro níveis do testemunho SPT-Furnas: 6,20m; 7,80 m; 12,85m e 17,60 cm. Todas as datações foram realizadas em conchas de moluscos. A calibração foi a mesma utilizada para o testemunho T1 (2 SIGMA), com a obtenção de idades calibradas *Ano Domine* (anos cal. AD) e anos antes do presente (anos cal. AP).

Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ oscilaram entre -1,10‰ em 6,20 m, passando por 0,50‰ em 17,60m e chegando a 1,30‰ em 12,85m. Na profundidade de 7,80 m não foi possível os determinar os valores de $\delta^{13}\text{C}$ em, em razão da quantidade insuficiente de material carbonático.

Tabela 7 – Idades de radiocarbono medidas, convencionais, e calculadas calibradas Antes do Presente (cal AP) e calibradas *Ano Domine* (AD), valores de $\delta^{13}\text{C}$, e média das taxas de acumulação estimadas para os intervalos analisados.

Profundidade (cm)	Idade medida (anos AP)	$\delta^{13}\text{C}$	Idade convencional calibrada (anos cal. AP)	Idade calibrada (anos cal. AP)	Idade calibrada (anos cal. AD)	Taxa de acumulação (cm/ano)
6,20	1.830 ± 30	-1,10 ‰	2.220 ± 30	2.000 a 1.780 (1.890 ± 110)	50 a 170	3,28 cm/ano
7,80	2.310 ± 30	ND	ND	2.120 a 1.870 (1.995 ± 125)	170 a 80	3,90 cm/ano
12,85	2.020 ± 30	+1,30 ‰	2.450 +/- 30	2.305 a 2.035 (2.170 ± 135)	355 a 85	5,92 cm/ano
17,60	3.940 ± 30	+0,50 ‰	4.360 +/- 30	4.780 a 4.425 (4.602 ± 178)	2.830 a 2.475	3,66 cm/ano

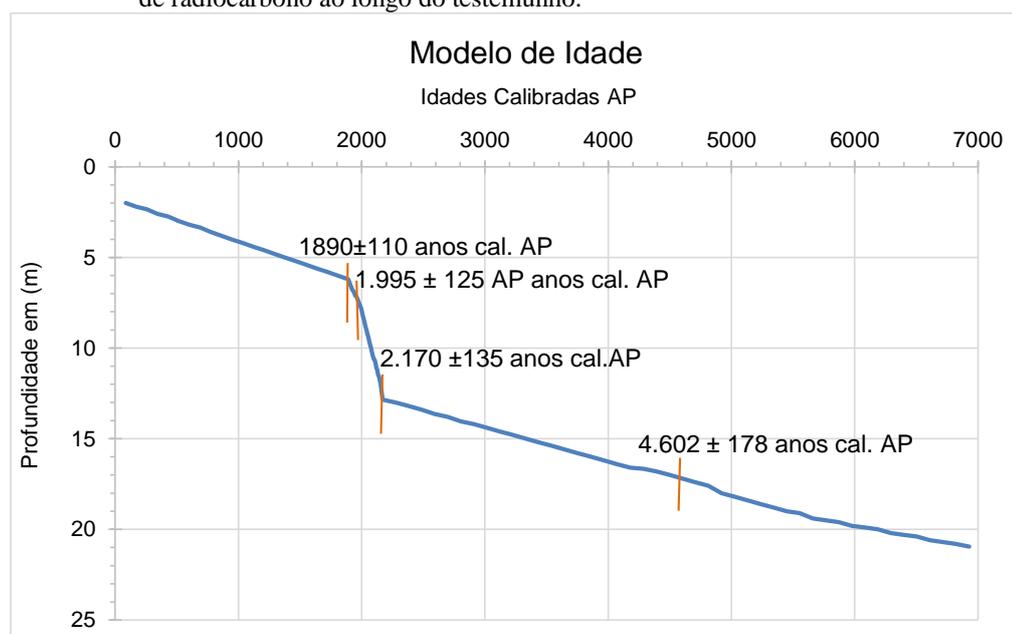
Legenda: ND – valor não determinado.

Fonte: A autora, 2017.

O modelo de idade, obtido por interpolação linear com os resultados das datações, é mostrado na Figura 52. Com este modelo, foi possível estimar que nos últimos ≈ 7.000 anos cal. AP foram acumulados aproximadamente 20,00 m de sedimentos. Não foi possível datar o pacote arenoso situado abaixo de 21,50 m, por falta de material orgânico em quantidade suficiente para análise de radiocarbono.

Através do modelo de idade, foram estimadas as taxas de acumulação em cm/ano (Tabela 7). Essas taxas variaram entre 3,28 cm/ano no período entre 1.890±110 anos cal. AP e o presente e 5,92 cm/ano no período entre 2.170±135 anos cal. AP e 1.995±135 anos AP. Entre 5.200 anos cal. AP e 4.602±178 anos cal. AP, a média da taxa de acumulação foi de 3,66 cm/ano e entre 1.995±135 anos cal. AP e 1.890±110 anos cal. AP, ficou em 3,90 cm/ano.

Figura 52 – Modelo de idade para o testemunho SPT-Furnas, obtido por interpolação linear dos dados de radiocarbono ao longo do testemunho.



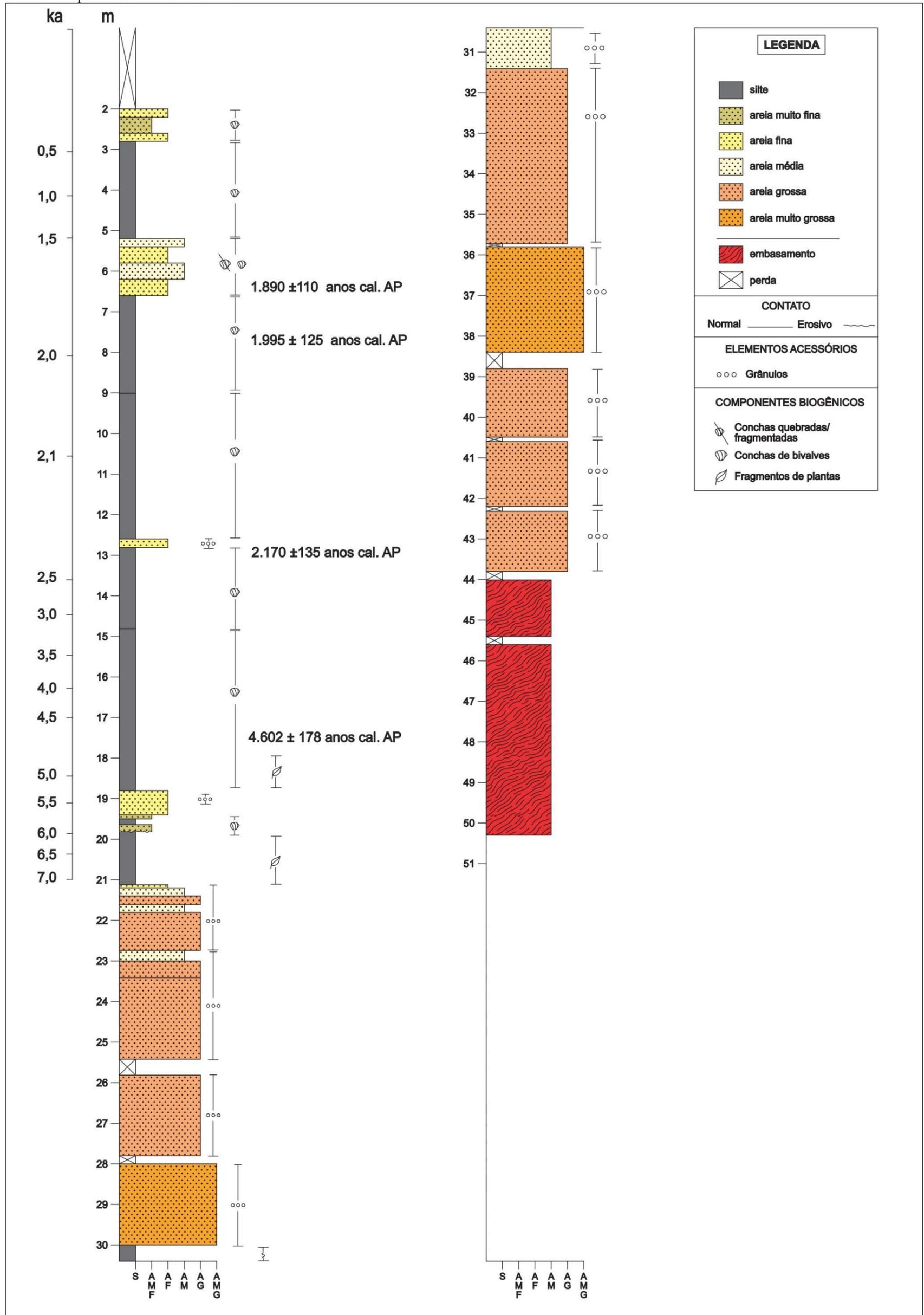
Fonte: A autora, 2017.

8.2.2 Descrição geral do testemunho

A Figura 53 apresenta a coluna estratigráfica do testemunho SPT-Furnas, cuja sondagem atingiu 50,30 m de profundidade. O embasamento encontrado entre a base do testemunho (50,30 m de profundidade) e 43,80 m, é composto por biotita-gnaiss médio (1-2 mm), de bandamento marcado, com veios de quartzo e feldspato. A textura é equigranular, com grãos subédricos. Sobre o embasamento, foi depositada uma coluna sedimentar essencialmente arenosa, com grãos subangulosos compostos basicamente por quartzo, feldspato, biotita e alguns grãos poliminerálicos (fragmentos de rocha). Na coluna foi identificada ainda uma forte tendência de afinamento do sedimento da base para o topo do testemunho (2 m; de areias muito grossas com grânulos a sedimentos ricos em silte e argila).

O pacote sedimentar depositado sobre o embasamento que se estende de 43,80 m a 21,15 m é composto por areias muito grossas a médias, com colorações que variam de castanho-claro a cinza muito claro, e grãos pobremente selecionados (Figura 54). Nestas fácies foram identificados ciclos de afinamento granulométrico em direção ao topo desta sequência (21,15 m), como nas seções 30,00-28,00 m e 25,50-21,50 m. A partir de 21,15 m até ao topo do testemunho (2 m) a coluna sedimentar é constituída por silte argiloso. (Figura 53).

Figura 53 – Descrição macroscópica do testemunho SPT-Furnas. Está representada uma escala temporal estimada, com base no modelo de idade estabelecido para os primeiros 21 m do testemunho.

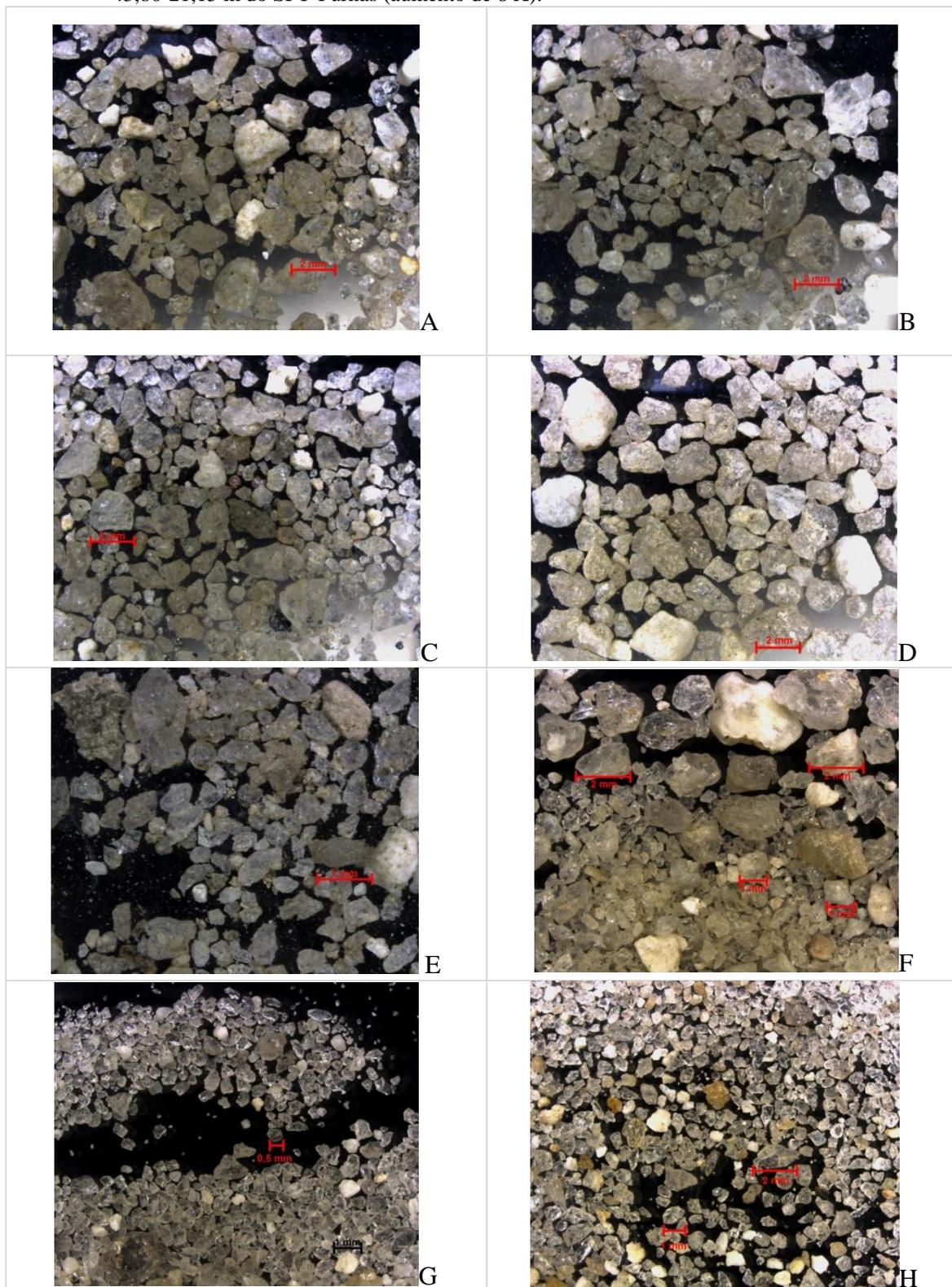


Nota1: afinamento granulométrico nos sedimentos arenosos entre 43,80-21,15 m, idades dos níveis datados em anos cal. AP.

Nota 2: não foi possível datar o pacote arenoso situado abaixo de 21,50 m, por falta de material orgânico em quantidade suficiente para análise de radiocarbono. Os dois primeiros metros do testemunho não foram considerados por corresponderem a sedimento de aterro, ou seja, depositado pelo Homem no local de estudo.

Fonte: A autora, 2017.

Figura 54 – Fotografias obtidas em lupa binocular de areias (fração sedimentar $>63 \mu\text{m}$) selecionadas da seção 43,80-21,15 m do SPT-Furnas (aumento de 8 X).



Legenda: A - 43,50 m; B - 39,00; C - 38,70 m; D - 28,00 m; E - 25,60 m; F - 23,20 m; G- 6,00 m; H-2,60 m.

Nota: grãos das amostras representadas em A-F, que correspondem às areias grossas da seção 43,80-21,00 m e grãos menores, melhor selecionados e mais arredondados das amostras representadas em G e H, correspondente à seção 20,95-2,00 m.

Fonte: A autora, 2017.

O segundo pacote sedimentar, compreendido entre 20,95-2,00 m, é caracterizado pelo predomínio de sedimentos finos, principalmente silte argiloso, com níveis intercalados de areias médias a finas. Esta sucessão exhibe colorações que variam de cinza-escuro nas seções ricas em silte argilosas, ao cinza-claro, nas porções constituídas por areia média.

Da base do testemunho até 21,15 m (areias grossas) não há registro de material biogênico, por isso não foi possível datar este pacote sedimentar. Entre 20,95 m e 18,00 m observou-se a presença de fitoclastos. Estes não foram detectados na parte superior do testemunho. A partir de 20,95 m até 2,00 m, o topo da sequência estudada, registrou-se a ocorrência de conchas de moluscos fragmentadas e inteiras.

A seção do testemunho onde foram registrados os sedimentos mais finos foi detalhada em termos sedimentológicos (textura, mineralogia e geoquímica) e microfaunísticos. Os resultados obtidos na seção entre 20,95-2,00 m são apresentados nos subitens seguintes. Esperava-se encontrar foraminíferos nesta seção. Porém testas destes organismos apenas foram encontradas a partir do nível de 18,20 cm. De fato, entre a base do testemunho e o nível de 18,20 cm não se observaram testas de foraminíferos.

8.2.3 Textura dos sedimentos na seção entre 20,95-2,00 m

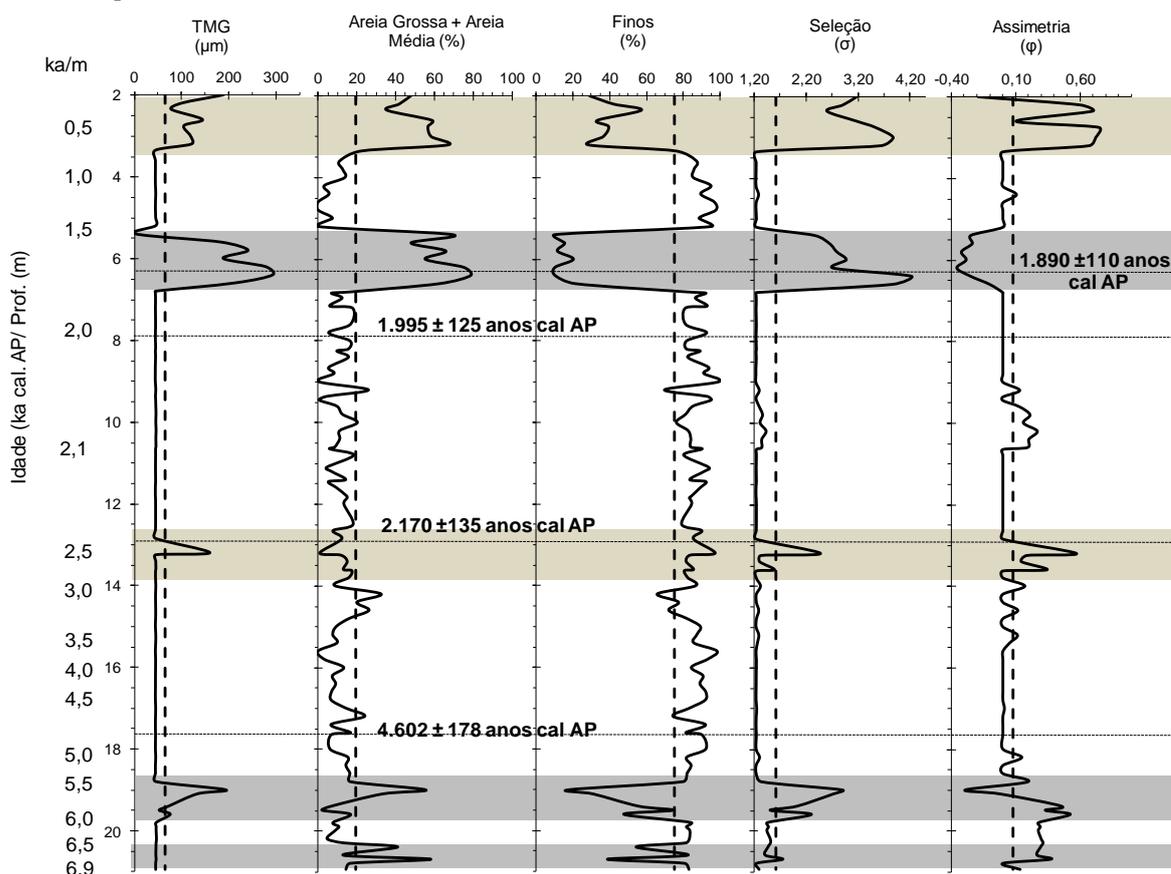
Os primeiros 2,00 m deste testemunho são constituídos por sedimentos lançados no local por ação antrópica, por isso não foram considerados nesta análise. Nas fácies mais finas, compreendidas entre 20,95-2,00 m (seção com foraminíferos), foram realizadas análises granulométricas por peneiramento a seco. Os dados de granulometria destes sedimentos estão representados pelas porcentagens das frações areia: muito grossa (2.000-1.000 μm), grossa (1.000-500 μm), média (500-250 μm), fina (250-125 μm) e muito fina (125-63 μm); e sedimentos finos (< 63 μm) (Apêndice A).

Os resultados referentes ao tamanho médio do grão (TMG, μm), seleção (σ), assimetria (ϕ), e a classificação textural também estão representados no Apêndice B. A Figura 55 inclui a plotagem em profundidade destes parâmetros juntamente com as porcentagens de areia grossa + média (%) e fração fina do (<63 μm , %).

O teor de fração areno-cascalhosa oscila entre 0,52% e 95,20% (média = 24,33%) no testemunho SPT-Furnas. A descrição macroscópica do testemunho e a análise dos valores do TMG na seção entre 20,95-2,00 m mostram que os sedimentos são em sua maioria compostos

por material fino (fração $<63 \mu\text{m}$, frações silte e argila: 4,80-99,50%; média = 75,67%), no qual há níveis intercalados de areia: entre 19,40-19,00 m, entre 6,60-5,40 m e entre 3,20-2,00 m (Apêndice B).

Figura 55 – Plotagem dos valores de Tamanho Médio dos Grãos (TMG; μm), frações de areia grossa + média (%) e fração fina ($<63 \mu\text{m}$; %), seleção (σ) e assimetria (ϕ) dos sedimentos em função da profundidade do testemunho SPT-Furnas..



Nota 1: Estão também representadas: a escala de idades estimadas em anos cal. AP, assim como as idades de radiocarbono dos níveis datados.

Nota 2: As faixas em diferentes tons de cinza indicam os níveis com as maiores porcentagens de areia

Fonte: A autora, 2017.

Na seção entre 20,95-2,00 m, os sedimentos são em geral pobremente selecionados: os valores de seleção (σ) oscilaram entre 1,24 e 4,23 (9,90 m e 6,40 m, respectivamente; média = 1,60). As seções mais ricas em sedimentos grossos estão entre 20,70-20,40 m; 19,00-18,40 m; 6,60-5,40 m e 2,75-2,60 m. No entanto, as seções 19,00-18,40 m e 2,75-2,60 m apresentaram valores de assimetria mais positivos, devido à presença significativa de fração fina na composição dos sedimentos. Este fato indica que as areias contidas nestas intercalações (19,00-18,40 m e 2,75-2,60 m) podem estar incluídas em uma matriz fina. Os valores de seleção calculados nas seções 19,00-18,40 m e 2,75-2,60 m mostram que os sedimentos são pobremente selecionados o que está de acordo com os valores referidos da assimetria.

As seções com sedimentos mais grossos (19,00-18,40 m e 6,60-5,40 m) apresentaram valores de assimetria mais negativos, indicando a prevalência das areias pobremente a extremamente mal selecionadas, de acordo com os valores de seleção ($\sigma = 1,25 - 4,23$).

8.2.4 Geoquímica na seção entre 20,95-2,00 m

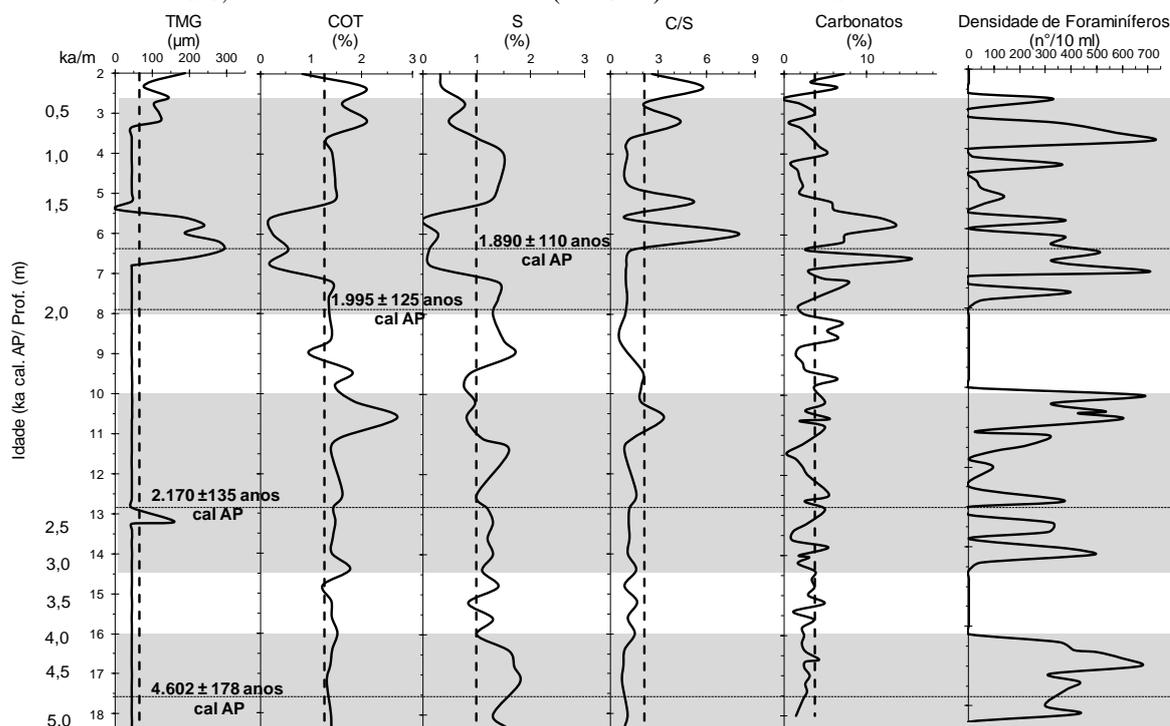
O Apêndice C apresenta os resultados de carbono orgânico total (COT, %) e enxofre total (S, %) juntamente com os dados já apresentados de granulometria do testemunho SPT-Furnas na seção entre 20,95-2,00 m. A razão C/S, calculada a partir dos valores de COT e de S, também foi utilizada, para determinar as condições de oxi-redução dos sedimentos. Estes dados estão também representados na Figura 56.

Os teores de COT (média = 1,26%) variaram de 0,16% (em 29,50 m) a 2,70% (em 10,60 m). Valores abaixo da média foram registrados entre 20,30-18,00 m e 6,80-4,00 m, seção em que os teores de areias mais grossas aumentam (Figura 56). Os maiores valores de COT foram identificados entre 10,60-9,00 m e entre 5,00-2,00 m.

Os teores de S (média 0,98%) oscilaram entre 0,01% (em 5,60 m) e 1,80% (em 17,20 m). Observaram-se menores teores de S nas seções de sedimentos mais grossos.

Os valores da razão C/S oscilaram entre 0,35 – 8,02 (média = 1,72). No entanto, as seções entre 6,00-5,20 m e 2,75-2,00 m apresentam valores de $C/S > 3$. A queda de COT e S nestes sedimentos, juntamente com aumentos na razão C/S ocorre em níveis com granulometria mais grossa.

Figura 56 – Plotagem dos valores do tamanho médio dos grãos (TMG; μm), COT (%), carbonatos (%), S (%) razão C/S, e densidade de foraminíferos ($\text{n}^\circ/10 \text{ ml}$) do testemunho SPT-Furnas.



Nota 1: Para o TMG, COT, carbonatos, S e relação C/S, os dados são representados por linhas pretas sólidas e a média, por linhas pretas tracejadas.

Nota 2: São representadas também na figura uma escala de idades estimadas e idades de radiocarbono dos níveis datados, em anos cal. AP.

Nota 3: As faixas em cor cinza assinalam as seções onde se verificaram em geral maiores densidades de foraminíferos.

Fonte: A autora, 2017.

8.2.5 Mineralogia na seção entre 20,95-2,00 m

Os dados das porcentagens dos minerais identificados na fração fina dos sedimentos do testemunho SPT-Furnas são apresentados no Apêndice D. A Figura 57 apresenta a porcentagem (%) dos minerais mais abundantes da fração fina na seção entre 20,95-2,00 m: filossilicatos (27,2-80,1%), quartzo (0-37,9%), plagioclásio (0-25,3%), K-feldspato (0-15,7%), calcita (0-8,6%), anidrita (0,6-4,3%), pirita (0-7,8%), hematita (0-3,7%) e gipsita (0-5,0%). Foram identificados também minerais acessórios, como opala C/T, zeólitos, anatásio, dolomita, siderita, bassanita, rodocrosita, magnetita/maghemita e alunitas.

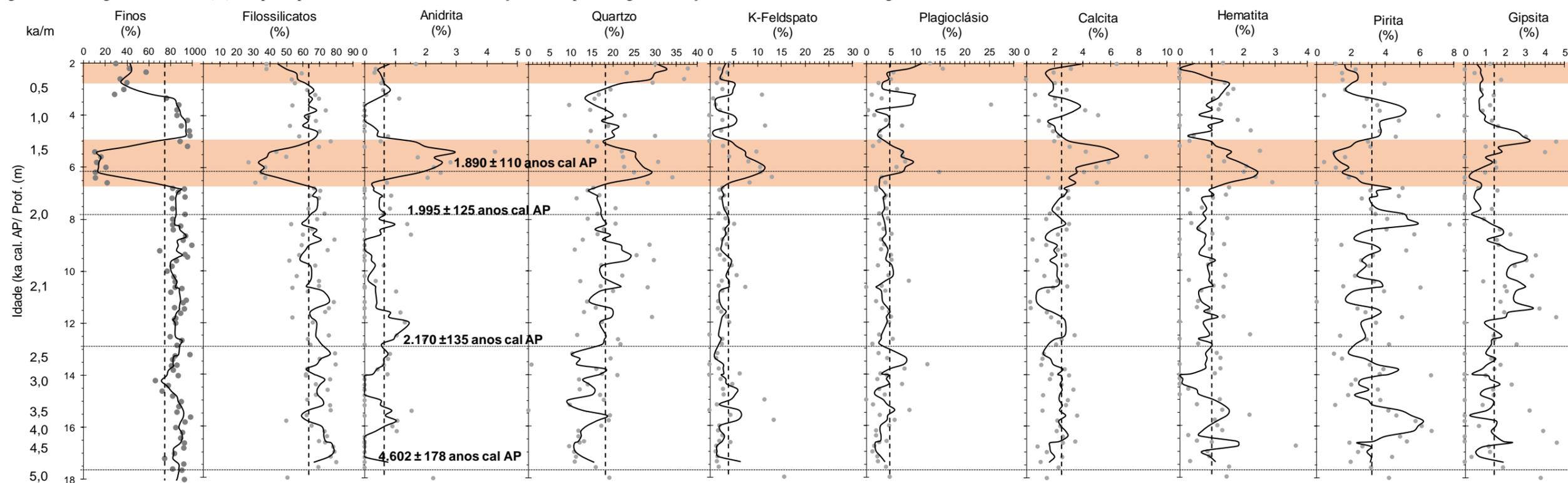
Os minerais associados à granulometria mais grossa como quartzo, K-feldspato, plagioclásio, anidrita e calcita apresentaram valores mais elevados em seções do testemunho com sedimentos mais grossos, como nas seções 6,60-4,80 m e 3,20-2,00 m. Comportamento

oposto foi observado para os filossilicatos (mineral mais abundante; a abundância relativa deste mineral atinge 80% em 17,40 m), e a pirita, cujas frequências diminuíram com a redução dos sedimentos finos.

As porcentagens de calcita (Figura 57) ficaram em torno do valor médio (2,5 %). Verificam-se aumentos cíclicos deste mineral a partir de 1.900 anos cal. AP em coincidência com a redução dos valores de pirita (Figura 57).

A partir do somatório dos minerais carbonáticos (calcita, dolomita e siderita) foi possível inferir as porcentagens de carbonatos ao longo do testemunho SPT-Furnas (Figura 56). As porcentagens de carbonato ficaram em torno do valor médio (3,8 %). No entanto, foi verificada uma seção com valores mais elevados desta variável entre 6,90-5,00 m, que coincidiu com baixos valores de COT e S, aumento de granulometria e aumento da abundância absoluta de foraminíferos.

Figura 57 – Plotagem dos valores (%) dos principais minerais identificados na fração fina, e porcentagem da fração de sedimentos finos ao longo do testemunho SPT-Furnas.



Nota 1: Os dados são representados por pontos, a média dos valores, por linhas pretas pontilhadas, e a média móvel, por linhas pretas sólidas.

Nota 2: São representadas também na figura uma escala de idades estimadas e idades de radiocarbono dos níveis datados, em anos cal. AP.

Nota 3: As faixas destacadas apresentam seções onde se registrou um aumento de minerais associados a maior granulometria.

Fonte: A autora, 2017.

8.2.6 Foraminíferos bentônicos na seção entre 20,95-2,00 m

No testemunho SPT-Furnas foram identificadas 21 espécies de foraminíferos bentônicos, exclusivamente calcárias (Tabela 8). Os resultados de densidade (número de espécimes/10 ml) e riqueza específica (RE, número de espécies/10 ml) estão representados no Apêndice E.

Ocorrências cíclicas de testas de foraminíferos bentônicos calcários são identificadas a partir de 18,20 m de profundidade até a extremidade superior do testemunho. Não foram registradas testas de foraminíferos entre a base do testemunho e o nível de 18,20 m, como foi referido, assim como nas seguintes faixas: 16,40-14,60 m, 10,00-8,00 m e 2,75-2,00 m.

Os valores de densidade variaram entre 0 e 701 espécimes/10 ml. Picos de densidade destes micro-organismos foram observados em 17,00 m (670 testas/10 ml), 10,20 m (684 testas/10 ml), 7,10 m (699 testas/ml) e 3,80 m (713 testas /10 ml).

Foram registradas três faixas de ocorrências de foraminíferos: 18,20-16,40 m; 14,20-10,20 m e 7,10-3,35 m. As maiores abundâncias de testas foram encontradas entre: 18,20-16,40 m; 10,80-10,20 m; 7,10-6,20 m e; 3,80-3,35 m.

A riqueza específica (RE) variou entre 0 e 15 espécies por amostra. Os maiores valores de riqueza específica foram registrados em níveis com as maiores densidades de foraminíferos entre: 18,20-16,65 m; 10,80-10,20 m e 6,80-6,20 m.

A Figura 58 apresenta a abundância das principais espécies (n°/10 ml) juntamente com os valores de densidade de foraminíferos (n°/10 ml) do testemunho SPT-Furnas. As espécies mais abundantes no testemunho SPT-Furnas são *Ammonia parkinsoniana*, *Ammonia rolshauseni*, *Ammonia tepida*, *Criboelphidium excavatum*, *Criboelphidium poeyanum*, *Elphidium discoidale*, *Elphidium galvestonense*, *Elphidium gunteri*, *Elphidium williamsoni* e *Pararotalia cananeaensis*. A Figura 59 integra as referidas espécies num único gráfico de densidade, mostrando variações na composição das assembleias e abundância dos organismos ao longo do testemunho SPT-Furnas. A espécie que atinge valores de abundância absoluta mais elevados foi *A. tepida*, cujos máximos de ocorrência acompanham as variações de densidade total de foraminíferos (Figura 58).

A densidade de *P. cananeaensis* atinge valores mais elevados na primeira faixa de aumento de abundância de testas, associados à redução discreta das espécies *A. tepida* e *C. excavatum* (18,20-16,40 m). *Pararotalia cananeaensis* foi-se tornando cada vez mais escassa

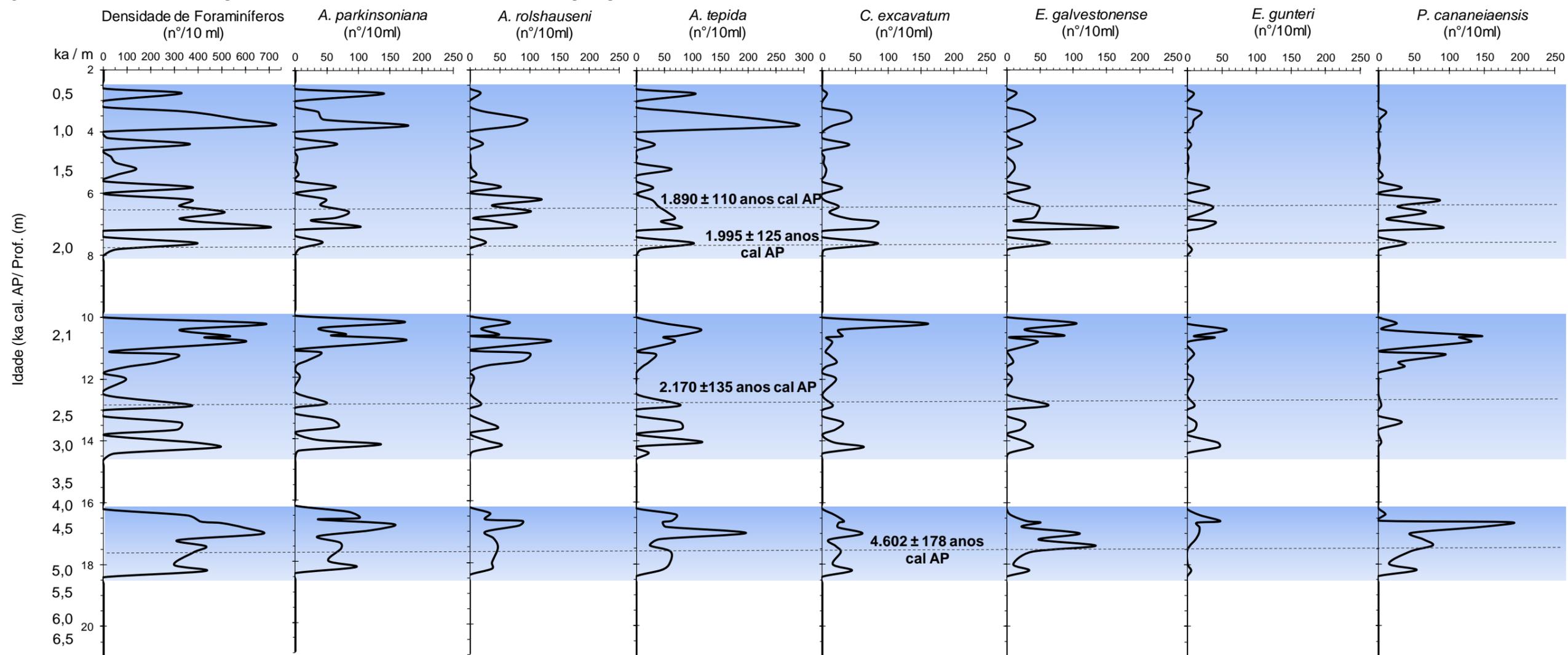
em direção aos níveis superiores do testemunho, enquanto as espécies de *Ammonia*, principalmente *A. tepida*, se foram tornando mais abundantes (Figura 57).

Tabela 8 – Lista de espécies identificadas no testemunho SPT-Furnas.

<i>Ammonia batava</i> (Hofker, 1951)
<i>Ammonia inflata</i> (Seguenza, 1862)
<i>Ammonia parkinsoniana</i> (d'Orbigny, 1839)
<i>Ammonia rolshauseni</i> (Cushman & Bermúdez, 1946)
<i>Ammonia tepida</i> (Cushman, 1926)
<i>Bolivina striatula</i> Cushman, 1922
<i>Criboelphidium excavatum</i> (Terquem, 1875)
<i>Criboelphidium incertum</i> Williamson, 1858
<i>Criboelphidium limosum</i> Cushman & Bronnimann, 1948
<i>Criboelphidium poeyanum</i> (d'Orbigny, 1839)
<i>Criboelphidium selseyense</i> (Heron-Allen & Earland, 1911)
<i>Elphidium advenum</i> (Cushman, 1922)
<i>Elphidium discoidale</i> (d'Orbigny, 1839)
<i>Elphidium galvestonense</i> Kornfeld, 1931
<i>Elphidium gerthi</i> Van Voorthuysen, 1957
<i>Elphidium gunteri</i> Cole, 1931
<i>Elphidium lidoense</i> (Cushman, 1936)
<i>Elphidium oceanense</i> (d'Orbigny in Fornasini, 1904)
<i>Elphidium williamsoni</i> Haynes, 1973
<i>Pararotalia cananeaensis</i> Debenay, Duleba, Bonetti De Melo e Souza & Eichler, 2001
<i>Pseudononion japonicum</i> Asano, 1936

Fonte: A autora, 2017.

Figura 58 – Valores de densidade (espécimes/10 ml) e de abundância absoluta (nº/10 ml) dos principais *taxa* de foraminíferos bentônicos do testemunho SPT-Furnas.

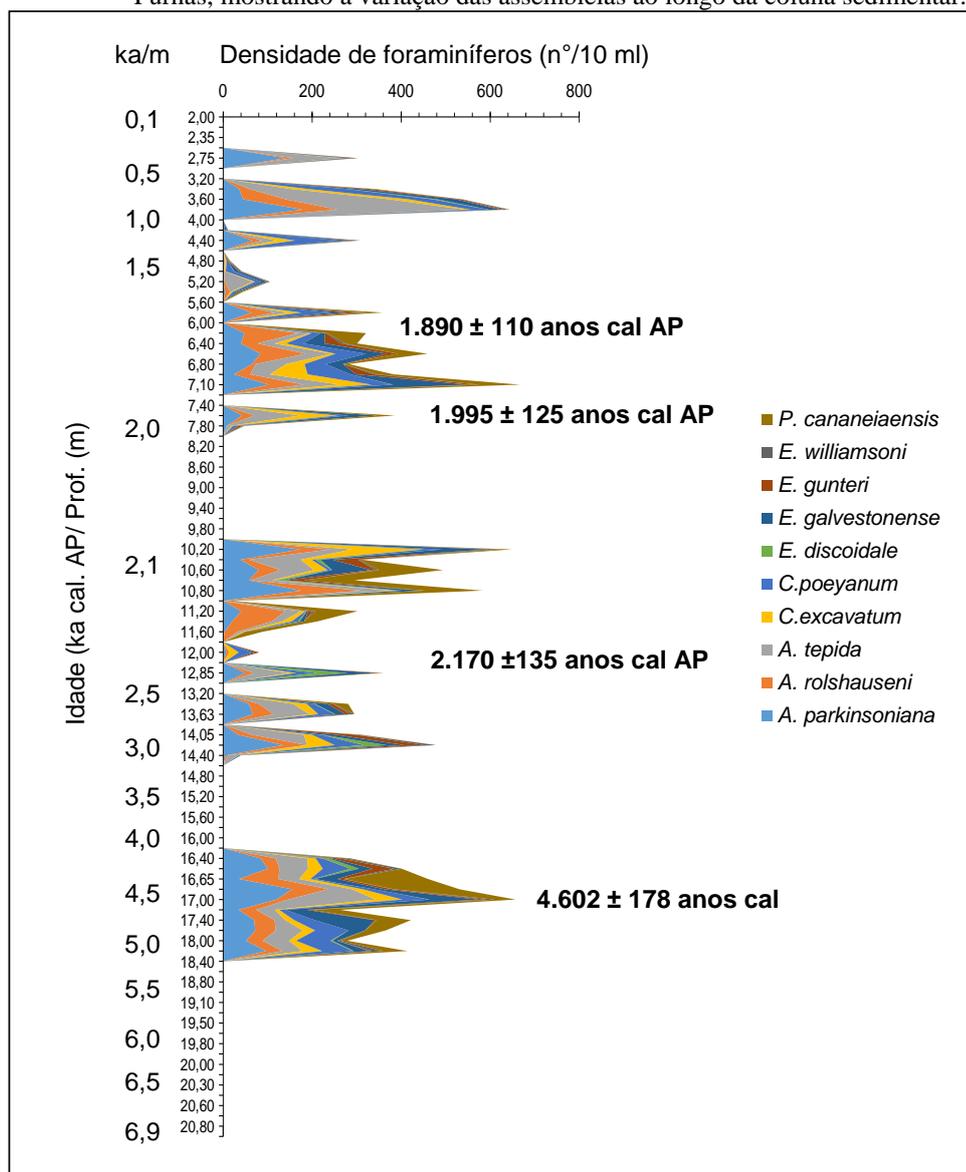


Nota 1: São representadas também na figura uma escala de idades estimadas e idades de radiocarbono dos níveis datados, em anos cal. AP.

Nota 2: As faixas azuis indicam as seções onde se registrou, em geral, maior abundância de testas.

Fonte: A autora, 2017.

Figura 59 – Valores de densidade (nº/10 ml) das espécies mais abundantes do testemunho SPT-Furnas, mostrando a variação das assembleias ao longo da coluna sedimentar.



Nota: São representadas também na figura uma escala de idades estimadas e idades de radiocarbono dos níveis datados, em anos cal. AP.

Fonte: A autora, 2017.

8.2.7 Resultados estatísticos para a seção entre 20,95-2,00 m

A Figura 60 mostra os resultados da análise de agrupamento (*cluster analysis*, CA) em modo-R das principais variáveis bióticas e abióticas analisadas na seção entre 20,95-2,00 m. Desta análise resultaram 4 grupos constituídos pelas seguintes variáveis: I – *A. parkinsoniana*, *A. rolshauseni*, *A. tepida*, *C. excavatum*, *C. poeyanum*, *E. discoidale*, *E. galvestonense*, *E. gunteri*, densidade e riqueza específica; II – pirita, COT, S, finos e filossilicatos; III – TMG,

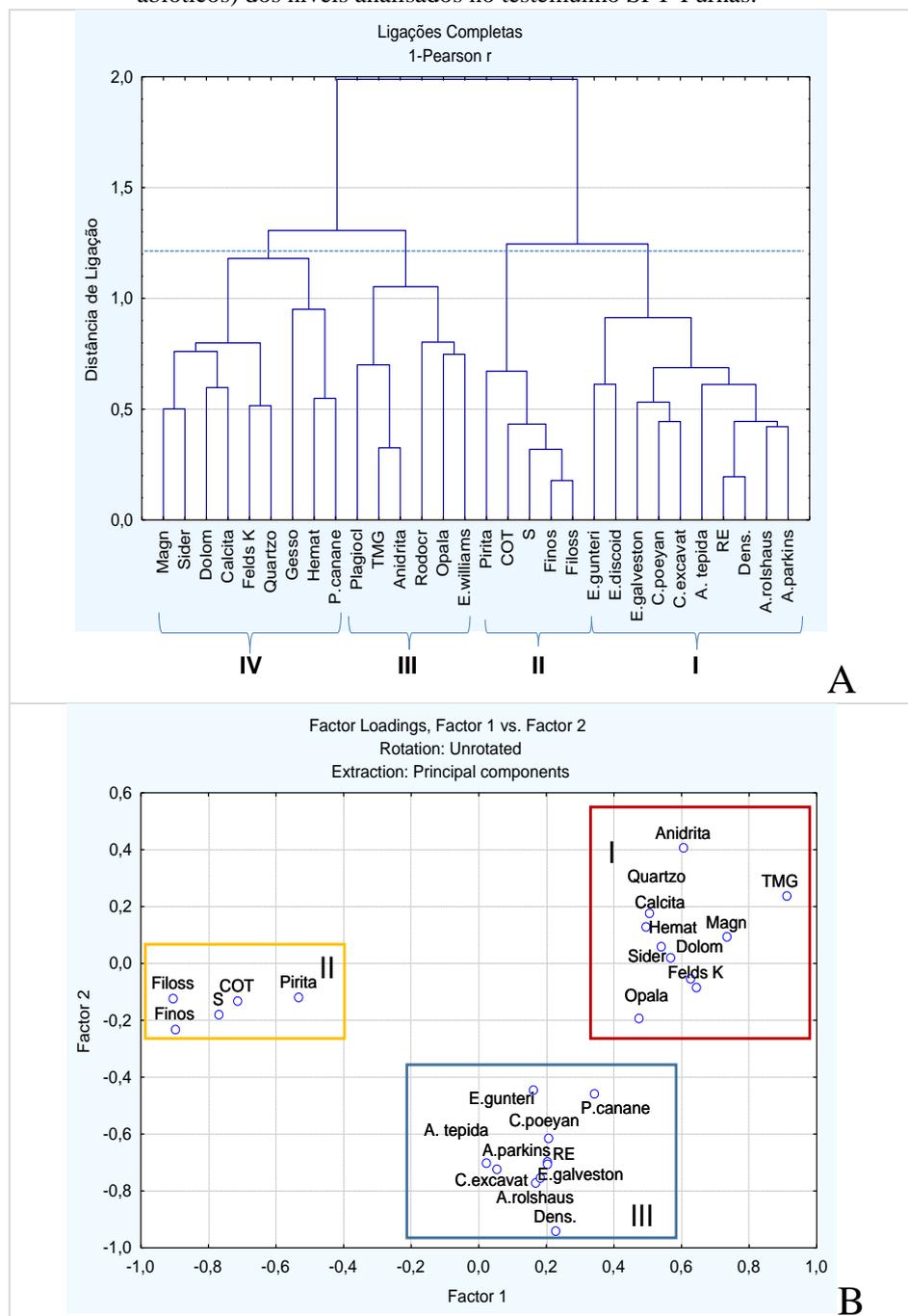
plagioclásio, anidrita, rodocrosita, opala C/T e *E. williamsoni*; e IV – magnetita, siderita, dolomita, K-feldspato, quartzo, gipsita, hematita e *P. cananeiaensis*.

O grupo I da CA mostra que a riqueza específica e a densidade são exclusivamente relacionadas às espécies mais abundantes do testemunho, com destaque para *A. rolshauseni* e *A. parkinsoniana*. O grupo II, que associa a ocorrência de pirita, filossilicatos, COT e S aos sedimentos finos, corrobora a relação dessas variáveis de acordo com a apresentação dos dados nas Figuras 55, 56 e 57. O grupo III mostra que o tamanho do grão (TMG) está relacionado com a ocorrência de minerais como plagioclásio, anidrita, rodocrosita e opala C/T. A opala C/T, por sua vez, parece estabelecer uma correlação maior com *E. williamsoni* do que todas as outras espécies de foraminíferos. O grupo IV associa minerais frequentemente relacionados a grãos mais grossos, como quartzo e K-feldspato, à ocorrência de *P. cananeiaensis*.

Na análise PCA (*principal components analysis*, PCA) os dois primeiros fatores extraídos – Fatores 1 e 2 – explicam juntos 51% da variabilidade dos dados. A Figura 60 B representa a plotagem entre estes fatores em um diagrama, no qual é possível distinguir três grupos: I – TMG, anidrita, quartzo, K-feldspato, calcita, hematita, magnetita, siderita, opala C/T e dolomita; II – Finos, COT, S, filossilicatos e pirita; III - *A. parkinsoniana*, *A. rolshauseni*, *A. tepida*, *C. excavatum*, *C. poeyanum*, *E. galvestonense*, *E. gunteri*, *P. cananeiaensis*, densidade e riqueza específica.

O grupo I da análise PCA abrange os minerais cuja ocorrência é frequentemente relacionada a sedimentos mais grossos, ou seja, com o aumento do TMG; este grupo tem configuração bastante semelhante aos grupos III e IV da CA (Figura 60 A). O grupo II da PCA, composto por sedimentos finos, COT, S, filossilicatos e pirita está em oposição ao grupo I desta análise e tem a mesma composição do grupo II da CA (Figura 60 B). O grupo III da PCA abrange as espécies mais abundantes, densidade e riqueza específica, indicando correlações positivas entre estas variáveis. A mesma configuração é observada para o grupo I da CA (Figura 60 A).

Figura 60 – A: Resultados da Análise Cluster (CA) e B: Análise dos Componentes Principais (PCA) baseados nas variáveis mais significativas (abundância das espécies e parâmetros abióticos) dos níveis analisados no testemunho SPT-Furnas.



Legenda: TMG - tamanho médio do grão (μm); COT- carbono orgânico total (%); S- enxofre total (%); Anidrita (%); Calcita (%); Dolom-dolomita (%); Filoss- filossilicatos (%); Gipsita (%); Hemat- hematita (%); K-Felds- K-feldspato (%); Magn-magnetita (%); Opala C/T (%); Pirita (%); Plagiocl. Plagioclásio (%); Quartzo (%); Rodocr- rodocrosita (%); Sider- siderita (%); RE – riqueza específica (nºespécies/amostra); Dens. – densidade de foraminíferos (nº/10 ml); A. rolshaus.- *Ammonia rolshauseni*(nº/10 ml);A.park - *Ammonia parkinsoniana* (nº/10 ml); A.tep - *Ammonia tepida* (nº/10 ml); C.poey - *Criboelphidium poeyanum* (nº/10 ml); C. excav.- *Criboelphidium excavatum* (nº/10 ml); E.disc - *Elphidium discoidale*(nº/10 ml); E. galveston. - *Elphidium galvestonense* (nº/10 ml); E.gunt - *Elphidium gunteri* (nº/10 ml); E. williams.-*Elphidium williamsoni* (nº/10 ml); P.canane- *Pararotalia cananeaensis* (nº/10 ml).

Fonte: A autora, 2017.

8.2.8 Discussão dos resultados do testemunho SPT-Furnas

8.2.8.1 *Dados sedimentológicos ao longo de todo o testemunho SPT-Furnas*

O testemunho SPT-Furnas exhibe uma coluna sedimentar essencialmente areno-siltosa, na qual podem ser identificados dois pacotes sedimentares com características distintas. O primeiro, compreendido entre 43,80-21,15 m, é constituído por areias grossas ricas em grânulos, compostas principalmente por quartzo, feldspato e biotita e grãos multiminerálicos (fragmentos de rocha), relacionados com a meteorização das rochas do embasamento (biotita gnaisse). Os grãos que compõem esta seção do testemunho são subangulosos e extremamente mal selecionados, o que, juntamente com a presença de maior quantidade de feldspato, pode indicar pouca maturidade textural. Nesta seção não se observa a presença de conchas de moluscos e de testas de foraminíferos. Tais características permitem deduzir que esta seção possui sedimentos de origem fluvial, pouco retrabalhados e depositados em condições de hidrodinâmica relativamente elevada (TUCKER, 2003). Tendo o testemunho SPT-Furnas sido coletado próximo do Rio Guandu, poderá deduzir-se que a seção entre 43,80-21,15 m é constituída por sedimentos transportados e depositados por este rio.

Neste intervalo basal também são observados ciclos de afinamento granulométrico em direção ao topo. A ciclicidade destes eventos de granodecrescência ascendente pode estar relacionada à migração lateral do Rio Guandu em sua planície de inundação. Situação semelhante foi também observada por Beerbower (1964) nas planícies aluviais do Rio Mississippi e no delta do Rio Colorado, na região mais ao sul dos Estados Unidos (EUA).

Desta forma, as areias que constituem o primeiro pacote sedimentar identificado no testemunho SPT-Furnas podem corresponder às areias descritas por Roncarati e Barrocas (1978) e Roncarati e Carelli (2012) na Baía de Sepetiba: sedimentos depositados sobre o embasamento, em condições de sedimentação continental e nível de mar mais baixo.

O segundo pacote de sedimentos localizado entre 20,95-2,00 m, identificada no testemunho SPT-Furnas, possui idade estimada inferior a ≈ 7.000 anos cal. AP, de acordo com datações por radiocarbono obtidas neste trabalho. O referido pacote (20,95-2,00 m) é constituído essencialmente por sedimentos finos, onde se registrou a ocorrência de fitoclastos entre 20,95 m e 18,00 m e de fragmentos de conchas de moluscos e testas de foraminíferos em grande parte desta seção. Características semelhantes foram observadas por Borges e

Nittrouer (2016 b) em testemunhos coletados na Baía de Sepetiba. Estes autores observaram que sedimentos finos estão separados de areias mais grossas por uma superfície com idade calculada em 6.890 ± 40 anos AP (idade não calibrada).

A fração de areias mais grossas ($>63 \mu\text{m}$) do pacote superior é composta basicamente por quartzo, sendo os grãos pobremente selecionados. Observa-se, porém, uma melhor seleção dos grãos do que no pacote sedimentar inferior (localizado abaixo de 20,95 m). Na seção superior (20,95-2,00 m) observam-se intercalações de níveis mais arenosos que ocorrem ciclicamente, como por exemplo, nos intervalos: ≈ 5.600 - 5.400 anos cal AP (19,40-19,00 m); ≈ 1.900 - 1.500 anos cal AP (6,60-5,40 m) e; ≈ 600 -100 anos cal. AP (3,20-2,00 m). Estas faixas podem representar períodos cíclicos de maior hidrodinâmica, evidenciados também pela presença de grãos por vezes extremamente mal selecionados.

Os teores de COT e enxofre (S) são relativamente baixos nos sedimentos depositados durante os últimos ≈ 6.900 -100 anos cal. AP. Valores mais altos de COT foram registrados em seções em que os teores de S são baixos e coincidem com períodos de queda ou ausência de foraminíferos calcários, como entre 700-100 anos cal. AP (3,60-2,00 m). As seções com os menores valores de COT e de S correspondem aos intervalos: ≈ 6.700 - 5.500 anos cal. AP (20,70-19,10 m), que não exibiu foraminíferos calcários nem conchas de moluscos, mas apenas alguns fragmentos de vegetais terrestres e; ≈ 1.900 - 1.500 anos cal. AP (6,40-5,60 m), seção com altas densidades de foraminíferos e prevalência de fração areia em relação a sedimentos finos.

Os sedimentos depositados entre 1.900-1.500 anos cal. AP e nos últimos 600 anos cal. AP apresentam aumento da razão C/S, com valores superiores a 3. De acordo com Stein (1991) e Borrego et al. (1998), valores maiores >3 indicam condições de maior oxigenação do sedimento. Desta forma, os sedimentos do testemunho SPT-Furnas que apresentam condições mais óxicas possuem pequenas concentrações de COT e S. Os mesmos padrões foram observados por Martins et al. (2016 d), na Baía de Guanabara.

Os sedimentos depositados entre ≈ 6.900 - 5.500 anos cal. AP são em geral finos, mas com níveis de areia e seções com grãos mal selecionados. Mesmo que os sedimentos finos apresentem maior possibilidade de preservação de matéria orgânica – espaços menores e pouco interconectados entre os grãos e menor oxigenação – uma rápida exposição subaérea pode ter levado à oxigenação e perda de matéria orgânica. Assim, estes sedimentos podem indicar um período de maior oxigenação, de acordo com No referido período, há outra condicionante: a Restinga da Marambaia ainda não tinha se formado, o que pode significar

que a região estaria totalmente desprotegida da ação de ondas e consequente retrabalhamento dos sedimentos (RONCARATI e CARELLI, 2012).

Os sedimentos depositados posteriormente a ≈ 6.900 anos cal. AP tornaram-se muito finos o que traduz um significativo decréscimo das condições hidrodinâmicas na área de estudo.

Porém este intervalo é entrecortado entre $\approx 1.900-1.500$ anos cal. AP (6,40-5,60 m) e nos últimos 500 anos cal. AP por um aumento da granulometria dos sedimentos acompanhado por aumento genérico dos valores de C/S acima de 3%, o que denota a ocorrência de sedimentos oxigenados, como referido anteriormente. O aumento das frações de areia pode evidenciar que o ambiente se tornara um pouco mais hidrodinâmico, impedindo a deposição de sedimentos finos.

Os teores de pirita (FeS) também diminuem nos períodos de maior deposição de areia e de queda de COT e S. De fato, nos últimos ≈ 5.000 anos cal. AP, a variação das concentrações de pirita são concordantes com a de enxofre. A explicação para a queda de enxofre pode estar no fato de que os sedimentos estariam sob condições mais óxicas, que impedem tanto a preservação da matéria orgânica quanto a formação de pirita, processo que requer condições anóxicas (KOHN et al. 1998; SAUNDERS et al. 1997; MARTINS et al., 2015 a).

Os aumentos dos valores de carbonato não aparentam estar apenas associados às testas dos foraminíferos calcários, uma vez que estes parâmetros não mostraram uma evolução semelhante ao longo do testemunho. Nos sedimentos depositados entre $\approx 350-100$ anos cal. AP, os teores de carbonatos aumentam significativamente, sem que se verifique um aumento correspondente de foraminíferos. Assim, os maiores aumentos dos teores de carbonatos poderão estar associados, pelo menos em parte, a processos evaporíticos. Situação semelhante é descrita por Rouchy et al. (2001) e Warren (1989, 1999) em ambientes expostos a regimes mais secos (redução da lâmina de água), nos quais há desenvolvimento de sequências evaporíticas.

A integração dos dados relativos à porção superior do testemunho sugere, portanto que os conteúdos de COT e S estão relacionados à granulometria do sedimento, a qual reflete as condições hidrodinâmicas. A hidrodinâmica do meio, por sua vez, vai influenciar a acumulação de matéria orgânica, assim como a sua degradação/preservação, e a formação de alguns minerais como a pirita.

Desta maneira, as características texturais do testemunho SPT-Furnas refletem um registro sedimentar que engloba a deposição de areias em condições de sedimentação

continental após o Último Máximo Glacial, retrabalhadas por processos costeiros atuantes durante o início da Última Transgressão. Os sedimentos mais finos depositados nos últimos \approx 7.000 anos cal. AP indicam a prevalência de condições de fraca hidrodinâmica na área de estudo.

8.2.8.2 Composição das assembleias de foraminíferos bentônicos na seção entre 20,95-2,00 m

Foram identificados três eventos principais de ocorrência de foraminíferos bentônicos, exclusivamente calcários, no testemunho SPT-Furnas: entre \approx 5.000-4.000 anos cal. AP; \approx 3.000-2.000 anos cal. AP e entre \approx 1.940-500 anos cal. AP. As assembleias de foraminíferos encontradas ao longo do testemunho SPT-Furnas integram gêneros (ex. *Ammonia*, *Elphidium*, *Criboelphidium*) dominantes em outros sistemas costeiros brasileiros (DEBENAY et al., 2001 a; DULEBA e DEBENAY 2003) e em áreas costeiras, com grandes variações de parâmetros abióticos, como salinidade, pH e temperatura (BRÖNNIMANN et al., 1981 a). Elas são condizentes com as associações que são encontradas atualmente no fundo da Baía de Sepetiba (BRÖNNIMANN et al., 1981 a; LAUT et al., 2006, 2012). Por isso pode-se deduzir que os níveis em que foram encontradas estas assembleias correspondem a eventos de afogamento da área de estudo.

A ausência de testas entre \approx 6.900-5.000 anos cal. AP, \approx 4.000 e 3.000 anos cal. AP, \approx 2.075-2.000 anos cal. AP e \approx 500-100 anos cal. AP pode indicar períodos de menor influência oceânica. No caso do primeiro intervalo, os sedimentos podem ter sido depositados em um ambiente com características mais continentais, num contexto de aumento do nível do mar iniciado há cerca de 12.000 anos (Última Transgressão, BITTENCOURT, 1979).

As análises estatísticas CA e PCA mostraram que as assembleias apresentam correlação positiva com valores de riqueza específica e densidade, mas não têm correlações significativas com fatores abióticos como COT, S, TMG e a componente mineralógica. No entanto, a análise cluster (CA) indicou que estão positivamente relacionados: i) *P. cananeaensis* e minerais associados a grãos mais grossos (e.g. K-feldspato e quartzo) e; ii) *E. williamsoni* e opala C/T.

A relação de *P. cananeaensis* com granulometrias maiores está de acordo com as observações de Duleba e Debenay (2003), que a partir de estudos de espécimes vivos,

apontaram que esta espécie está associada a ambientes de alta energia. *Pararotalia cananeaensis* tem sido encontrada em ambientes marinhos de plataforma interna (MURRAY, 2006). Alguns autores como, por exemplo, Eichler et al. (1995) sugeriram que *P. cananeaensis* constitui uma espécie indicadora da abertura de ambientes lagunares (complexo estuarino Cananea-Iguape) à influência marinha durante o Quaternário. A redução da abundância desta espécie em direção ao topo do testemunho SPT-Furnas pode indicar a redução da influência marinha, ou seja, o estabelecimento de um ambiente mais costeiro e tendendo ao confinamento. Há ≈ 4.200 anos cal. AP, *P. cananeaensis* atingiu seu primeiro pico de abundância, quando provavelmente a região teve maior contato com águas marinhas, em um contexto de submersão. Um segundo e último evento de aumento de *P. cananeaensis* ocorreu há ≈ 2.100 anos cal. AP, ocasião em que já vinham sendo registradas as maiores abundâncias de *Ammonia spp.*, a partir de ≈ 3.000 anos cal. AP.

A opala C/T é o mineral que constitui as frústulas das diatomáceas, proteção externa da célula destes organismos produtores. Estes organismos são os principais produtores de sílica biogênica, tanto em quantidade de material sintetizado quanto na variedade de estruturas (HILDEBRAND, 2003). A relação entre *E. williamsoni* e opala C/T, observada na CA (Figura 59) pode indicar que esta espécie se alimenta de diatomáceas. De acordo com Murray (2006), espécies do gênero *Elphidium* são herbívoras.

As faixas onde se registra maior abundância de foraminíferos mais entre 8,00-2,75 m, sedimentos depositados no período entre ≈ 2.000 -500 anos cal. AP., são constituídas essencialmente por *Ammonia spp.*, mas principalmente por *A. tepida*. *Ammonia tepida* é uma espécie típica de ambientes costeiros e que tolera grandes variações de parâmetros como salinidade, temperatura e disponibilidade de nutrientes (ZANINETTI et al., 1977; BRÖNNIMANN et al., 1981 a, b; MURRAY, 1991, 2006; HYAMS-KAPHZAN et al., 2008; FRONTALINI et al., 2009, 2011; LAUT et al., 2009, 2012). Tais atributos fazem desta espécie um marcador de instabilidade ambiental em regiões costeiras, provavelmente associadas a rápidas oscilações na lâmina d'água. O mesmo pode-se observar em relação às espécies de *C. excavatum* e *Elphidium spp.*, identificadas no testemunho SPT-Furnas, de acordo com os estudos de BRÖNNIMANN et al. (1981 a), que setorizou as associações de foraminíferos bentônicos na Baía de Sepetiba.

Nos períodos onde se registra maior abundância de foraminíferos, entre 5.000-4.000 anos cal. AP, 3.000-2.100 anos cal. AP e 2.000-400 anos cal. AP poderão ter ocorrido eventos de submersão da área de estudo.

8.3 Testemunho T4 – Baía de Sepetiba

8.3.1 Datação por radiocarbono

A datação da matéria orgânica dos sedimentos do nível 112 cm forneceu a idade de $105,4 \pm 0,3$ anos AP. Neste material, foram também calculadas as razões $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$: $-8,6\text{‰}$ e $-4,1\text{‰}$, respectivamente. A datação por radiocarbono a partir de conchas de moluscos (212 cm) do testemunho T4 resultou na idade calibrada (2 SIGMA) 2.365 a 2.335 anos cal. AP (2.350 ± 15 anos cal. AP) ou 415 a 385 anos cal. AD (*Ano Domine*). A razão $\delta^{13}\text{C}$ do material carbonático foi de $-22,3\text{‰}$, valor utilizado na calibração das idades. A idade estimada para a base do testemunho T4, com base nas referidas datações é superior a 3.500 anos cal. AP.

8.3.2 Taxa de acumulação de sedimentos

As atividades dos radionuclídeos ^{210}Pb e ^{137}Cs em (Bq kg^{-1}) ao longo dos 45 cm mais superficiais do testemunho T4, são mostradas na Tabela 9 e na Figura 61 (A,B). O ^{210}Pb apresentou decaimento exponencial ($71,14 - 48,02 \text{ Bq kg}^{-1}$), enquanto o valor máximo de ^{137}Cs , correspondente ao decaimento no ano de 1964, foi registrado a 17 cm de profundidade (Figura 61 A, B).

A taxa de acumulação de sedimentos no testemunho T4 foi calculada com o ^{210}Pb não suportado ($^{210}\text{Pb}_{\text{xs}}$) através do modelo CIC (*Concentration Inicial Constant*), a partir das concentrações de ^{210}Pb (Figura 61C). Este modelo foi estabelecido por Appleby e Oldfield (1978) e Joshi e Shukla (1991), e está adequadamente descrito em literatura científica (como se refere no capítulo de materiais e métodos). As taxas de sedimentação obtidos por $^{210}\text{Pb}_{\text{xs}}$ revelaram a ocorrência de uma taxa média de acumulação de sedimentos de $\approx 0,26 \pm 0,04 \text{ cm.ano}^{-1}$ nos últimos ≈ 100 anos na área de estudo. Considerando o nível de máximo do *fallout* do ^{137}Cs (relativo ao ano 1964) foi determinada uma taxa média de acumulação de sedimentos $0,35 \pm 0,03 \text{ cm.ano}^{-1}$, para os os ultimos ≈ 50 anos.

Tabela 9 – Valores da atividade de $^{210}\text{Pb}_{\text{total}}$ e ^{137}Cs (Bq kg^{-1}) no testemunho T4 (45-0 cm).

Prof.(cm)	^{210}Pb (Bq kg^{-1})	^{137}Cs (Bq kg^{-1})
0	ND	$2,77 \pm 0,22$
2	ND	$2,72 \pm 0,22$
4	$71,14 \pm 1,91$	ND
9	$58,06 \pm 1,57$	$1,87 \pm 0,15$
14	$57,55 \pm 1,56$	ND
17	$53,85 \pm 1,41$	$3,57 \pm 0,28$
23	$43,64 \pm 1,20$	$0,72 \pm 0,06$
25	$41,10 \pm 1,13$	$1,72 \pm 0,14$
29	$49,94 \pm 1,32$	$1,75 \pm 0,14$
34	$41,69 \pm 1,06$	$0,43 \pm 0,03$
40	$49,74 \pm 1,35$	$1,37 \pm 0,11$
45	$48,02 \pm 1,26$	ND

Legenda: ND- valor não determinado.

Fonte: A autora, 2017.

Através do referido modelo CIC baseado no decaimento do ^{210}Pb , foi possível verificar que a seção 40-0 cm do testemunho T4 foi depositada nos últimos ≈ 150 anos (Tabela 10).

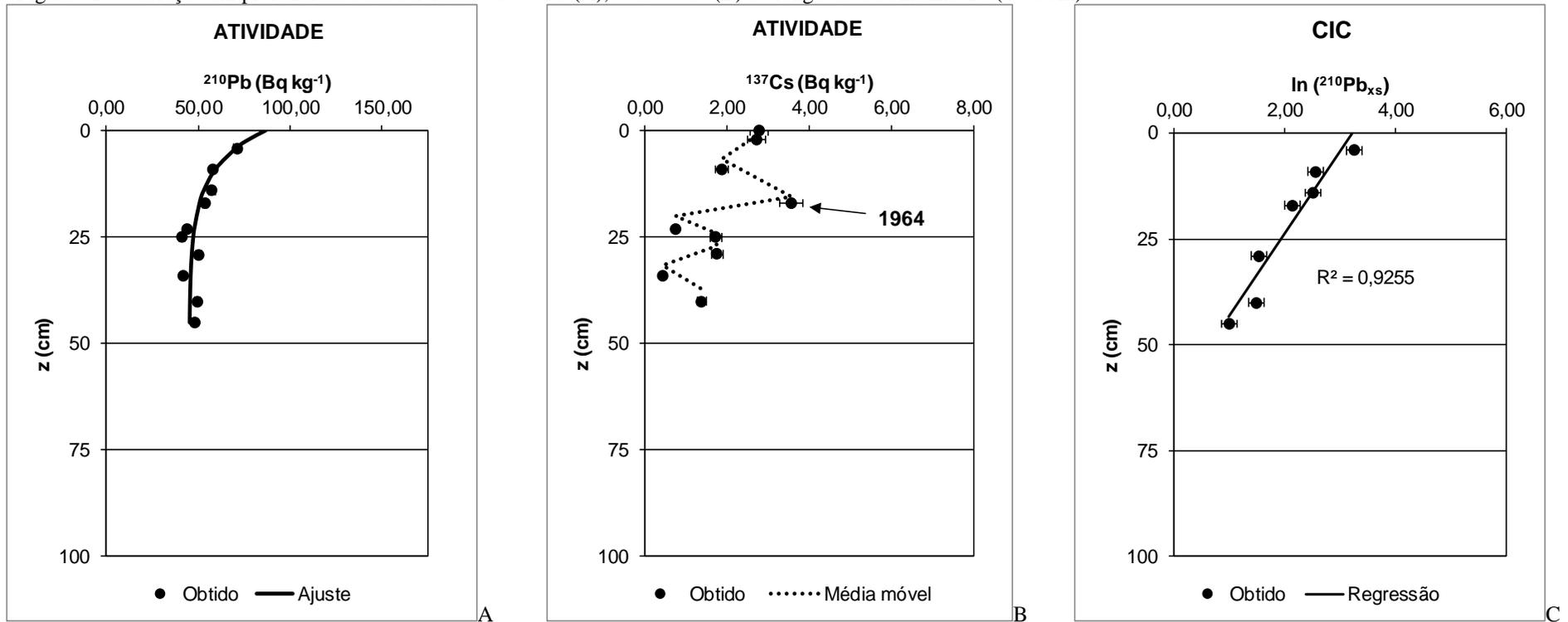
Tabela 10 – Datações relativas baseadas nas atividades de ^{210}Pb .

CIC		
Prof.(cm)	$\ln(^{210}\text{Pb}_{\text{xs}})$	Datação (a)
	Valor	Valor
0	ND	2015 ± 0
2	ND	2007 ± 1
4	$3,25 \pm 0,14$	2000 ± 2
9	$2,54 \pm 0,14$	1981 ± 5
14	$2,50 \pm 0,14$	1962 ± 8
17	$2,14 \pm 0,14$	1951 ± 10
23	ND	1928 ± 13
25	ND	1920 ± 14
29	$1,53 \pm 0,14$	1905 ± 16
34	ND	1886 ± 19
40	$1,48 \pm 0,14$	1863 ± 22

Legenda: $\ln(^{210}\text{Pb}_{\text{xs}})$ – logaritmo natural do valor de ^{210}Pb não suportado.

Fonte: A autora, 2017.

Figura 61 – Variação em profundidade das atividades do ^{210}Pb (A), e do ^{137}Cs (B) ao longo do testemunho T4 (45-0 cm).



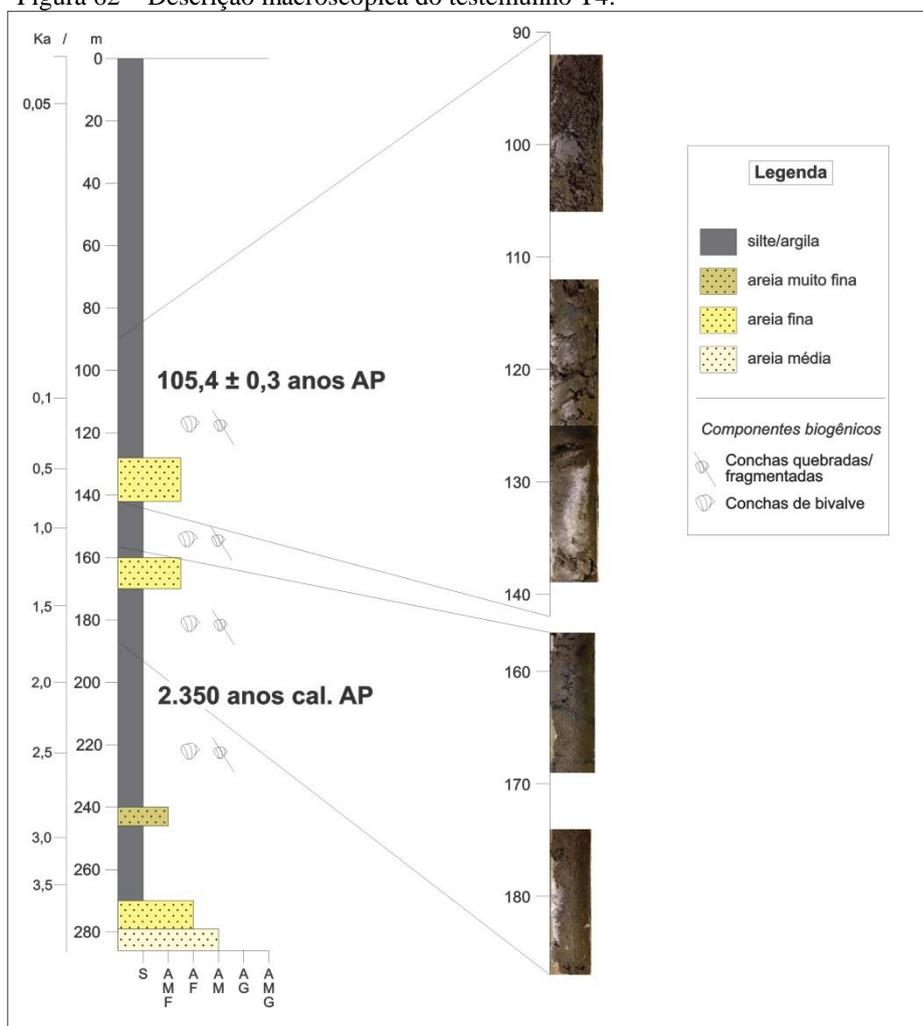
Nota: indicação do valor máximo de ^{137}Cs ($3,57 \text{ Bq.kg}^{-1}$), relacionado ao ano de 1964.

Fonte: A autora, 2017.

8.3.3 Textura e Granulometria

A Figura 62 mostra um esquema representativo da coluna estratigráfica do testemunho T4, com 286 cm de comprimento, e composto essencialmente por sedimentos finos (<math><63 \mu\text{m}</math>). A observação à lupa binocular revela que a fração areno-cascalhosa é basicamente composta por quartzo e mica. Os bioclastos são representados por conchas inteiras e fragmentadas de moluscos, sobretudo na metade inferior do testemunho; sendo que foram identificadas valvas de até ≈ 2 mm de diâmetro. Fragmentos vegetais oxidados foram também registrados da base do testemunho até 263 cm.

Figura 62 – Descrição macroscópica do testemunho T4.



Nas seções mais basais (286-250 cm) e mais ao topo (130-0 cm) do testemunho, os foraminíferos são raros ou ausentes. A densidade de foraminíferos ao longo do testemunho T4

é em geral baixa. As maiores abundâncias de testas registraram-se entre 239-130 cm, juntamente com conchas de moluscos e testas de ostracodes.

O cálculo das porcentagens das frações de areia muito grossa (2.000-1.000 μm), grossa (1.000-500 μm), média (500-250 μm), fina (250-125 μm) e muito fina (125-63 μm), assim como da fração fina (<63 μm) é apresentada no Apêndice F.

O testemunho T4 possui elevada porcentagem de fração muito fina (<63 μm ; média = 96,92%). Entre a base do testemunho (286 cm) e o nível de 130 cm observa-se o aumento da fração arenosa em alguns níveis, principalmente entre: 286-279 cm; 243 cm; ligeiramente entre 170-160 cm; 142-128 cm; e no topo do testemunho, evidenciando níveis mais ricos em sedimentos grossos (Figura 62). A seção entre 286-279 cm é a mais arenosa. Nesta faixa o teor de areia atinge os 50%.

8.3.4 Geoquímica

Os resultados de carbono orgânico total (COT, %), enxofre total (S, %), razão COT/S (C/S) e carbonato de cálcio (CaCO_3 ,%) estão representados no Apêndice G e na Figura 63.

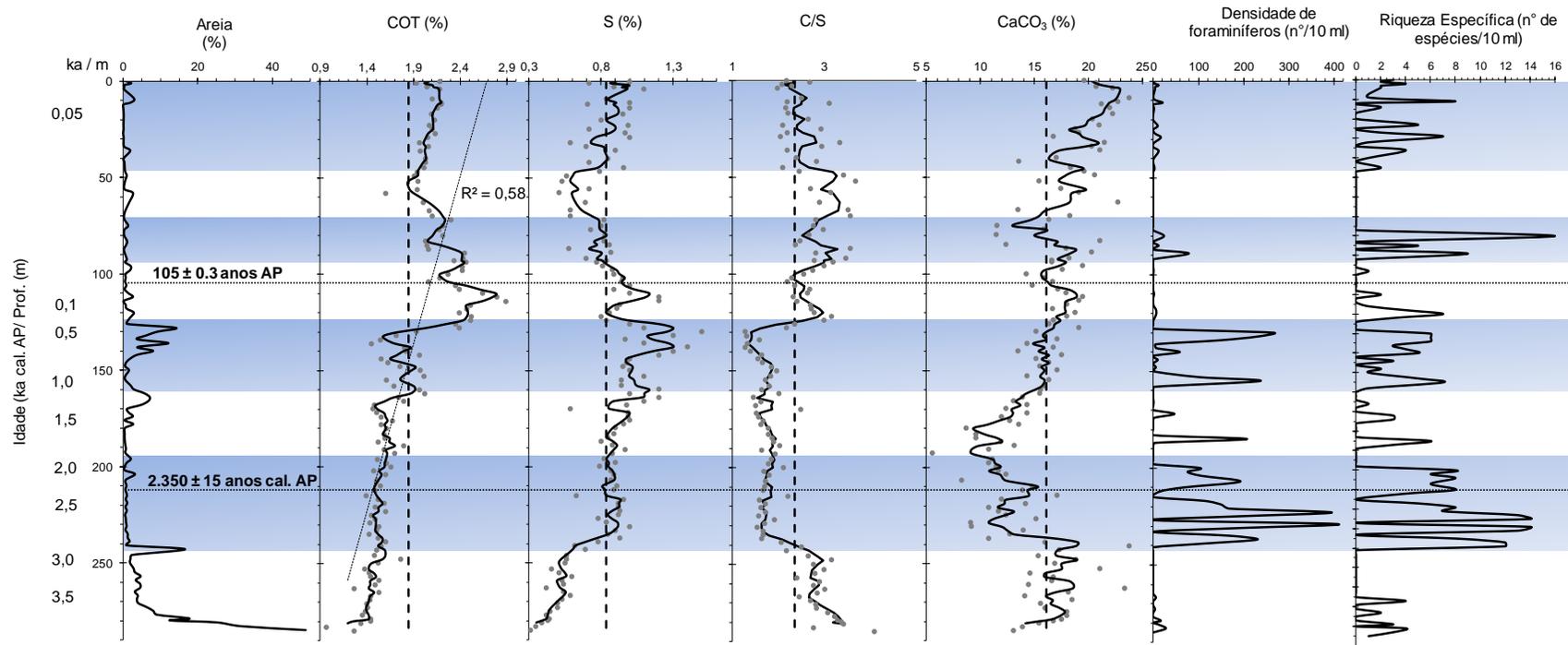
Os valores de COT apresentaram-se em geral elevados (média = 1,85 %), variando entre 0,97% (em 283 cm) e 2,90% (em 114 cm). Foi observada uma tendência de aumento dos valores de COT da base até o topo do testemunho ($R^2 = 0,58\%$). Os valores mais baixos de COT foram registrados entre 286-168 cm (0,97-1,49%). Os valores mais elevados de COT ocorreram no intervalo entre 126-72 cm (2,04-2,90%) (Figura 63).

Os teores de S variaram em torno da média (0,83 %). Os valores mais baixos desta variável registraram-se nas seções entre 285-237 cm e 70-47 cm, e os mais elevados entre 164-138 cm. Os valores mais baixos tanto de S quanto de COT ocorrem em níveis com sedimentos mais grossos.

O valor médio da razão C/S no testemunho T4 foi de 2,35. Os valores mais elevados de C/S foram registrados nas seções 286-241 cm e entre 124 cm e o topo. Os valores da razão C/S foram mais baixos nos sedimentos da seção mediana do testemunho (240-130 cm).

Os teores de CaCO_3 oscilaram entre 5,56% (193 cm) e 23,81% 9 cm (média = 16,11%). Os mais baixos valores de CaCO_3 ocorreram entre 237-180 cm e 106-75 cm, enquanto os mais elevados foram observados nos 15 cm mais superficiais do testemunho.

Figura 63 – Plotagem em profundidade da porcentagem de areias (%), COT (%), enxofre (S; %), razão COT/S (C/S), carbonatos (CaCO_3 ; %) e densidade de foraminíferos ($\text{n}^\circ/10 \text{ ml}$) e riqueza específica (n° de espécies/10 ml) do testemunho T4.



Nota 1: Para as porcentagens de areias, densidade e riqueza específica, os dados são representados por linhas pretas sólidas; para o COT, o S, a razão C/S e o CaCO_3 , os valores são representados por pontos, a média dos valores, por linhas pretas tracejadas, e a média móvel, por linhas pretas sólidas

Nota 2: Estão representados também na figura uma escala de idades estimadas e as idades de radiocarbono dos níveis datados em anos cal. AP. Foi considerada também a idade estimada pelo ^{137}Cs .

Nota 3: As faixas em cor azul assinalam as seções com as maiores densidades e riqueza de espécies e as variações mais significativas dos parâmetros sedimentológicos

Fonte: A autora, 2017.

8.3.5 Foraminíferos bentônicos

No testemunho T4 foram identificadas 38 espécies de foraminíferos bentônicos exclusivamente calcários (Tabela 11). O Apêndice H e a Figura 64 apresentam os valores de densidade das espécies (nº/10 ml) de riqueza específica (RE, número de espécies/10 ml).

Tabela 11 – Lista de espécies identificadas no testemunho T4.

<i>Ammonia batava</i> (Hofker, 1951)
<i>Ammonia inflata</i> (Seguenza, 1862)
<i>Ammonia parkinsoniana</i> (d'Orbigny, 1839)
<i>Ammonia rolshauseni</i> (Cushman e Bermúdez, 1946)
<i>Ammonia tepida</i> (Cushman, 1926)
<i>Bolivina compacta</i> Sidebottom, 1905
<i>Bolivina lowmani densipunctata</i> Sellier de Civrieux, 1976
<i>Bolivina striatula</i> Cushman, 1922
<i>Bolivina variabilis</i> (Williamson, 1858)
<i>Bulimina elongata</i> d'Orbigny, 1826
<i>Buliminella elegantissima</i> (d'Orbigny, 1839)
<i>Cibicides ungerianus</i> (d'Orbigny, 1846)
<i>Criboelphidium excavatum</i> (Terquem, 1875)
<i>Criboelphidium poeyanum</i> (d'Orbigny, 1839)
<i>Criboelphidium selseyense</i> (Heron-Allen & Earland, 1911)
<i>Elphidium galvestonense</i> Kornfeld, 1931
<i>Elphidium gunteri</i> Cole, 1931
<i>Elphidium oceanense</i> (d'Orbigny in Fornasini, 1904)
<i>Elphidium williamsoni</i> Haynes, 1973
<i>Elphidium magellanicum</i> Heron-Allen and Earland, 1932
<i>Fursenkoina pontoni</i> (Cushman, 1932)
<i>Globocassidulina crassa</i> (d'Orbigny, 1839)
<i>Hanzawaia boueana</i> (d'Orbigny, 1846)
<i>Haynesina germanica</i> (Ehrenberg, 1840)
<i>Hopkinsina pacifica</i> Cushman, 1933
<i>Karriella bradyi</i> (Cushman, 1911)
<i>Lagena substriata</i> Williamson, 1848
<i>Lobatula lobatula</i> (Walker e Jacob, 1798)
<i>Loxostomina rostrum</i> (Cushman, 1933)
<i>Miliolinella circularis</i> (Bornemann, 1855)
<i>Miliolinella subrotunda</i> (Montagu, 1803)
<i>Nonionella chiliensis</i> Cushman & Kellett, 1929
<i>Nonionella opima</i> Cushman, 1947
<i>Pararotalia cananeaensis</i> Debenay, Duleba, Bonetti De Melo, e Souza e Eichler, 2001
<i>Planulina ariminensis</i> d'Orbigny, 1826
<i>Quinqueloculina seminula</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Sphaeroidina bulloides</i> d'Orbigny, 1826
<i>Uvigerina peregrina</i> Cushman, 1923

Fonte: A autora, 2017.

Os valores de densidade variaram entre 0 e 408 espécimes/10 ml, distribuídos ao longo de duas faixas principais: 237-200 cm e 155-130 cm. As maiores densidades (nº de

espécimes/10 ml) foram registradas em 229 cm (408 espécimes/10 ml), 223 cm (396 espécimes/10 ml) e 130 cm (266 espécimes/10 ml).

A riqueza específica (RE) variou entre 0 e 16 espécies/10 ml, sendo que a seção entre 237-221 cm apresentou os maiores valores, coincidindo com as maiores densidades do testemunho. No entanto, nos 45 cm mais superficiais do testemunho T4 foram registrados valores altos de riqueza específica juntamente com reduzidas densidades.

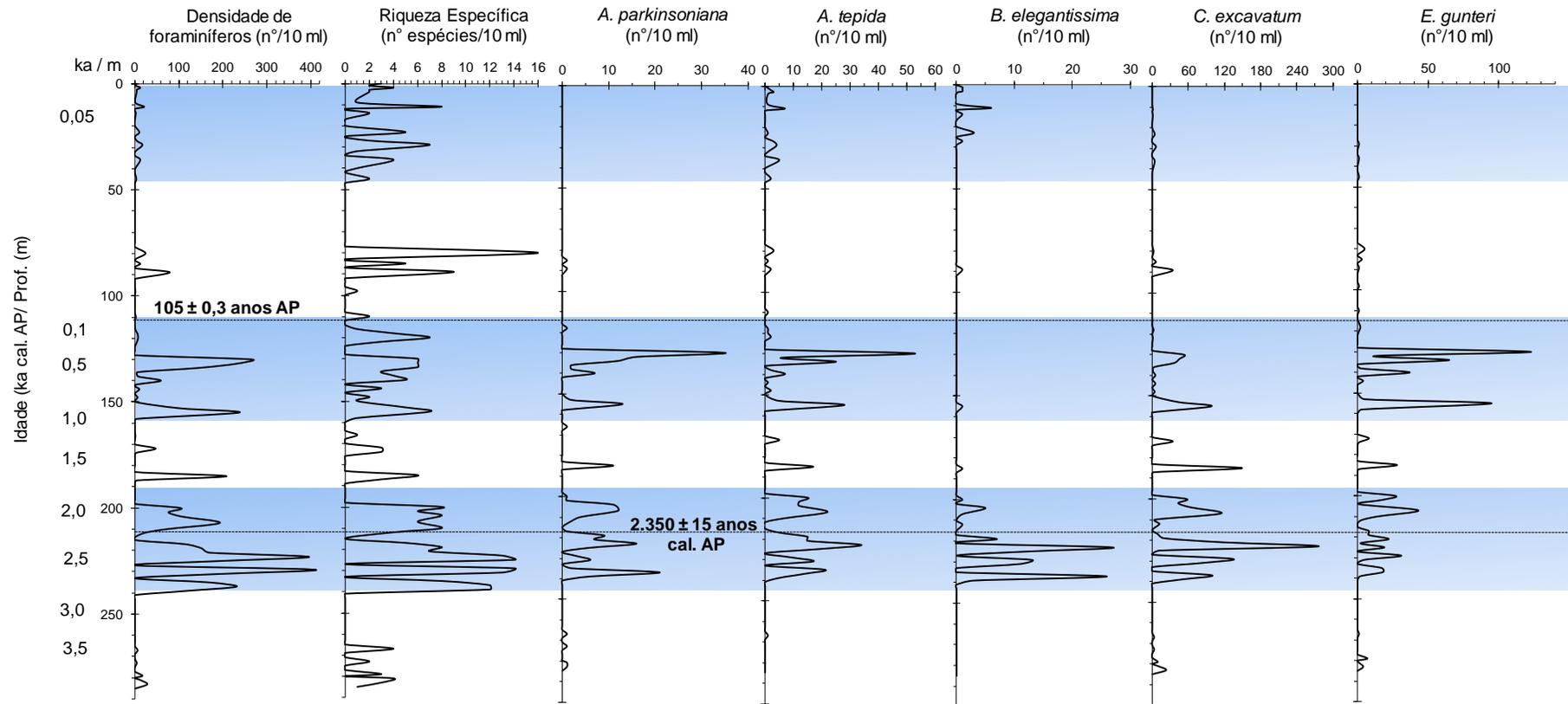
As espécies mais abundantes foram *C. excavatum*, *E. gunteri*, *A. tepida*, *A. parkinsoniana* e *B. elegantissima*. Destas espécies, *C. excavatum* e *A. tepida* ocorreram em todos os intervalos em que foram registrados os foraminíferos, sendo que *C. excavatum* apresentou abundâncias ligeiramente maiores do que *A. tepida*, próximo à base do testemunho. Em sedimentos em direção ao topo, *A. tepida* foi a espécie mais abundante. Nesta seção, foram também registrados discretos aumentos nas abundâncias de *B. elegantissima*, espécie que apresentou maiores abundâncias entre 241-200 cm. Entre 231-219 cm foi registrada uma ocorrência isolada da espécie *Quinqueloculina seminula*, em uma seção com altos valores e riqueza específica.

Entre 155-130 cm foram registrados picos de abundância de *A. parkinsoniana*, *A. tepida* e *E. gunteri*. *C. excavatum*, a espécie mais abundante do testemunho T4, não apresentou picos significativos de abundância (Figura 64).

8.3.6 Resultados estatísticos

O Apêndice I apresenta as correlações de Pearson obtidas nos níveis analisados do testemunho T4, considerando as seguintes variáveis: areia muito grossa (%), areia grossa (%), areia média (%), areia fina (%), areia muito fina (%), total de areia (>63 µm, %), total de finos (<63 µm, %), COT (%), S (%), CaCO₃ (%), densidade de foraminíferos (nº/ 10 ml) e riqueza específica (nº espécies/10 ml). Foi considerada a abundância absoluta (nº/ 10 ml) das seguintes espécies: *A. parkinsoniana*, *A. roshaulseni*, *A. tepida*, *Bolivina lowmani*, *Bolivina striatula*, *Bolivina variabilis*, *B. elegantissima*, *C. excavatum*, *Criboelphidium selseyense*, *E. gunteri*, *Elphidium oceanense*, *Elphidium williamsoni*, *Loxostomina rostrum*, *Pararotalia cananeaensis* e *Quinqueloculina seminula*.

Figura 64 – Plotagem em profundidade da densidade de foraminíferos (nº/10 ml), riqueza específica (nº de espécies/10 ml) e espécies mais abundantes de foraminíferos do testemunho T4.



Nota 1: Estão representados também na figura uma escala de idades estimadas e as idades de radiocarbono dos níveis datados em anos cal. AP. Foi considerada também a idade estimada pelo ^{137}Cs .

Nota 2: As faixas em cor azul assinalam as seções com as maiores densidades e riqueza de espécies, assim como as maiores abundâncias (nº/10 ml) das espécies representadas.

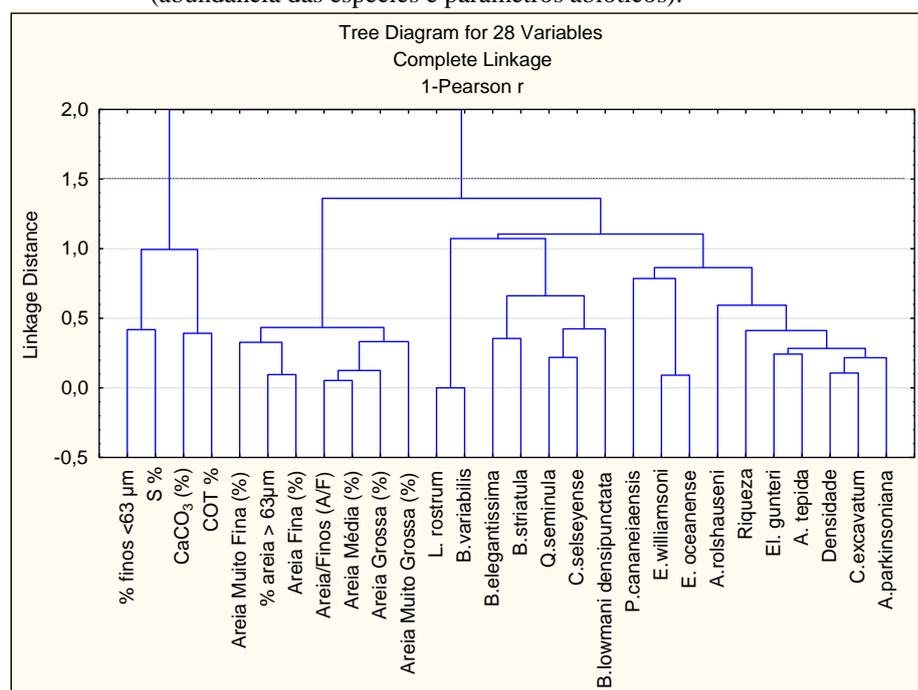
Fonte: A autora, 2017.

As espécies de foraminíferos apresentam correlações significativas positivas com a densidade de foraminíferos e a riqueza específica, sendo que a correlação entre *A. tepida* e a densidade é uma das mais elevadas observadas entre as variáveis (0,84%). *Ammonia parkinsoniana* e *C. excavatum* têm correlações significativas negativas com os teores de COT e CaCO_3 , tal como o carbonato de cálcio e a densidade de foraminíferos.

Foram identificadas correlações positivas significativas entre COT e CaCO_3 . Estas variáveis estão correlacionados negativamente com as frações de areia mais grosseira.

A Figura 65 mostra os resultados da análise de agrupamento cluster (CA, na sigla em inglês), na qual dois grupos são discriminados: I – reúne parâmetros texturais (areia muito grossa, areia grossa, areia média, areia fina, areia muito fina, total de areia e total de finos) e os teores de COT, S, CaCO_3 e; II – as espécies de foraminíferos analisadas juntamente com densidade e riqueza específica. Os referidos grupos mostram que a fauna de foraminíferos não tem uma variação semelhante aos parâmetros abióticos analisados. *Ammonia parkinsoniana* e *C. excavatum* têm correlação negativa com a matéria orgânica preservada no sedimento.

Figura 65 – Resultados da Análise Cluster (CA) baseados nas variáveis mais significativas (abundância das espécies e parâmetros abióticos).



Fonte: A autora, 2017.

8.3.7 Discussão dos resultados do testemunho T4

8.3.7.1 *Dados sedimentológicos*

O testemunho T4 é composto basicamente por material fino (lamososo), no qual ocorrem muitas conchas fragmentadas, além de níveis com maior abundância de testas de foraminíferos.

Foram observadas intervalos com sedimentos mais grossos (areia média), tais como entre: $\approx 3.500 - 3.200$ anos cal. AP (286-279 cm); $\approx 1.300-1.100$ anos cal. AP (170-160 cm) e $\approx 800-500$ anos cal. AP (145-128 cm). Estes níveis mais grossos podem evidenciar períodos de maior hidrodinâmica ocorridos dentro de um cenário geral relativamente calmo na Baía de Sepetiba durante os últimos ≈ 3.000 anos cal. AP.

De acordo com Pereira et al. (2007), Pereira e Santos (2012) e Roncarai e Carelli (2012), a Restinga da Marambaia teria sua formação completa há ≈ 3.400 anos AP, quando passou a proteger o sistema da ação de correntes costeiras. Sendo assim, a Baía de Sepetiba teria se tornado um sistema de baixa energia com deposição de sedimentos finos que formariam a planície de maré. Nos últimos ≈ 500 anos cal. AP, não foram identificados eventos significativos de aumento da granulometria, o que pode indicar a prevalência de condições hidrodinâmicas fracas na região.

Os dados obtidos a partir das atividades de ^{210}Pb e ^{137}Cs indicam que nos últimos ≈ 150 anos AP, a taxa de acumulação foi relativamente baixa ($0,26 \pm 0,04 \text{ cm.ano}^{-1}$ e $0,35 \pm 0,03 \text{ cm.ano}^{-1}$) quando comparada com a que se verificou no testemunho SPT-Furnas.

A presença de sedimentos muito finos associada a uma taxa baixa de acumulação de sedimentos indica também a prevalência de condições de confinamento nos últimos ≈ 500 anos cal. AP, sobretudo nos últimos ≈ 150 anos AP.

Os teores de COT e de S nos sedimentos são relativamente elevados ao longo de todo o testemunho T4. Nos setores do testemunho T4 em que há aumento na proporção de areia, os teores de COT decrescem. Esta relação inversa entre as quantidades de COT no sedimento e o aumento da granulometria está relacionada com variações do hidrodinâmica na área de estudo. O S não apresenta esta relação tão direta.

No testemunho T4, os sedimentos que apresentam os valores da razão C/S <3 foram depositados no intervalo 3.000-500 anos cal. AP, correspondendo a níveis menos oxigenados.

Valores relativamente mais elevados de carbonatos foram encontrados entre \approx 3.500-3.200 anos cal. AP e nos últimos \approx 100 anos cal. AP, em seções onde as testas de foraminíferos são raras ou ausentes. Estes períodos poderão ter correspondido a fases de redução da lâmina d'água, o que desfavoreceu as faunas bentônicas e em contrapartida deu lugar à precipitação química (ROUCHY et al., 2001).

8.3.7.2 Composição das assembleias de foraminíferos bentônicos

No testemunho T4, foram identificados episódios com maiores densidades de foraminíferos bentônicos, notadamente \approx 3.000-2.100 anos cal. AP e 2.000-400 anos cal. AP. As associações destes intervalos são principalmente constituídas por espécies dos gêneros *Ammonia* (*A. parkinsoniana*, *A. rolshaulseni* e *A. tepida*), além de *B. elegantissima*, *C. excavatum* e *E. gunteri*. De acordo com Brönnimann et al. (1981 a), as espécies dos gêneros *Ammonia*, *Criboelphidium* e *Elphidium* são dominantes nas áreas de maior instabilidade da Baía de Sepetiba. Murray (1991; 2006), Moodley e Hess (1992), Alve e Murray (1999), Frontalini et al. (2009, 2011), Hyams-Kaphzan et al.(2009) e Laut et al. (2009; 2012), afirmam ainda que *Ammonia* spp e *C. excavatum* toleram altas concentrações de COT e baixos níveis de oxigênio, condições registradas nos sedimentos de T4, além de resistirem a grandes variações de salinidade. Todas estas condições estão de acordo com um ambiente costeiro que pode ter estado sob a influência de repetidos eventos de submersão e emersão nos últimos \approx 3.500 anos cal. AP.

As maiores densidades de *B. elegantissima* entre \approx 3.000-2.000 anos cal. AP podem indicar maior influência oceânica na área (como observado por MARTINS et al., 2016 d na Baía de Guanabara). De acordo com Murray (1991; 2006), *B. elegantissima* é uma espécie que apresenta comportamento oportunista quando o suprimento de matéria orgânica aumenta, e em condições de anóxia. Provavelmente o habitat mais relacionado à plataforma interna e à competição com outras espécies oportunistas (ex. *Ammonia* sp e *Criboelphidium/Elphidium*), podem ter causado a diminuição na abundância de *B. elegantissima* em períodos mais recentes.

Os últimos ≈ 100 anos apresentaram altos valores de riqueza em assembleias de foraminíferos ausentes ou de tamanho diminuto. Este fato pode estar relacionado com a liberação de água de lastro dos navios (material alóctone), prática que se vem tornando mais comum a partir da década de 1880 em regiões de baía com tráfego marítimo (CARLTON, 1985; 2001 e SZÉCHY, 2005).

8.8.7.3 *Mudanças nos últimos ≈ 3.500 anos cal. AP*

As características texturais e microfaunísticas do testemunho T4, coletado na Baía de Sepetiba indicam que nos últimos ≈ 3.500 anos cal. AP a região de estudo passou por períodos de maior ou menor hidrodinâmica, relacionados à ação de correntes costeiras e à influência oceânica. A granulometria e a composição química do sedimento indicam que pelo menos nos últimos ≈ 3.000 anos cal. AP a Baía de Sepetiba esteve protegida da ação do mar, tendo experimentado períodos de aumento e diminuição da lâmina d'água.

A fauna exclusivamente calcária, com espécies adaptadas a variações de salinidade, de suprimento de nutrientes e matéria orgânica, mostra que a área de estudo nos últimos ≈ 3.000 anos cal. AP tem sido um ambiente costeiro. O processo de fechamento da Restinga da Marambaia desde ≈ 3.400 anos AP (idade não calibrada), de acordo com Pereira et al. (2007), Roncarati e Barrocas (1978) e Roncarati e Carelli (2012), contribuiu para que a região interna da Baía de Sepetiba se tornasse um sistema costeiro de baixa energia.

9 DISCUSSÃO

Durante o Último Máximo Glacial (UMG), na América do Norte, existiam duas calotas glaciais extensas: a Laurentide e a Cordilleran, centrada nas Montanhas Rochosas. A calota de gelo Laurentide atingiu a sua máxima extensão entre 22.000 e 17.000 anos AP e no mesmo período, esta calota alcançou também a sua máxima expansão do Norte da Europa (BISCHOF, 2000; NESJE e DAHL, 2000). A calota glacial Cordilleran, só atingiu o seu máximo mais tarde, entre 15.000 e 14.000 anos BP (BISCHOF, 2000; NESJE e DAHL, 2000). Nessa altura, a calota de gelo Laurentide experimentou um novo avanço, em algumas partes da zona sul e no seu lobo oeste (BISCHOF, 2000; NESJE e DAHL, 2000).

Durante o período Wisconsin terminal, a calota de gelo Laurentide tinha duas vezes o tamanho que atingiu no Norte da Europa (BISCHOF, 2000; NESJE e DAHL, 2000). A retenção da água evaporada dos oceanos e retida nas calotas de gelo dos continentes determinou uma descida de nível do mar da ordem dos 100-120 m abaixo do atual. No Brasil, Corrêa (1979); Kowsmann et al. (1977); Corrêa (1996) reconheceram escarpas submersas com vertentes mais acentuadas, representando antigos paleoníveis marinhos na ordem de 120-130 abaixo do atual na região sul da costa.

O derretimento das calotas glaciais iniciou a partir de ≈ 18.000 anos AP (RUDDIMAN e MCINTYRE, 1981). O aquecimento climático que se seguiu ao UMG determinou a retração da calota de gelo Laurentide entre ≈ 17.000 e 15.000 anos AP, menos notória na calota glacial Cordilleran (ANDERSON e BORNS JR, 1997). Nas áreas cobertas pelas calotas de gelo do Weichseliano e do Wisconsiniano terminais, existem depósitos sedimentares, formados durante a deglaciação, no período entre 18.000-8.000 anos AP, relativamente bem datados (ANDERSON e BORNS Jr, 1997; BRADLEY, 1999).

A deglaciação começou aproximadamente ao mesmo tempo na América do Norte e no Norte da Europa, mas terminou 500 anos mais tarde na América do Norte. A capa de gelo no Norte da Europa (Escandinávia) desapareceu há cerca de ≈ 8.500 anos AP, quando ainda cobria, o Canadá, um extenso glaciar.

Porém, durante a deglaciação ocorrida depois do UMG a partir de cerca de 18.000 anos AP, o nível médio do mar começou a subir (DIAS et al., 2000). Estima-se que esta subida tenha sido interrompida por um evento frio conhecido como Dryas Recente (RUDDIMAN e MCINTYRE, 1981) e que ocorreu entre 12 900 e 11 500 anos cal. AP

(WALKER et al., 2009). Durante o Dryas Recente, a considerável queda de temperatura deu lugar à expansão das calotas glaciais, e à descida eustática do nível do mar. Porém, o final do Dryas Recente foi marcado por uma alteração climática drástica, registrando-se um aquecimento generalizado e uma marcada transgressão oceânica (RUDDIMAN e MCINTYRE, 1981). Esta transgressão deu lugar a um nível mais elevados do mar há cerca de 7.000 anos AP na costa brasileira (SUGUIO et al, 1985; VILLWOCK et al., 1986; MARTIN et al.,1996; ANGULO e LESSA, 1997; MARTIN et al., 1998; ANGULO et al., 2002, 2008; MILNE et al., 2005).

Assim, embora não tenha sido possível datar a seção entre 43,80-21,00 m do testemunho SPT-Furnas, pelas características dos sedimentos, pode-se deduzir que estes foram depositados em condições continentais. Tais características estão relacionadas com a presença de areias grossas, extremamente mal selecionadas, com grãos angulosos e subangulosos de quartzo e feldspato, e sem conchas de moluscos, ostracodes e foraminíferos. Estas areias fluviais podem corresponder a material erodido e transportado para o interior da baía pela rede de drenagem existente na região norte/nordeste da Baía de Sepetiba, com destaque para o Rio Guandu, o mais importante existente na região (SUGUIO et al. 1979). Estas areias teriam sido depositadas durante um período que antecedeu o nível máximo do mar holocênico ocorrido há cerca de 7.000 anos AP, como referido acima. As condições de deposição continental dessas areias estão relacionadas com um recuo da linha de costa no entorno da Baía de Sepetiba (ALMEIDA et al., 2010; RONCARATI e CARELLI, 2012), que está associado à expansão das geleiras em torno do UMG ocorrida há 22.000 a 14.000 anos AP (DREIMANIS e GOLDTHWAIT, 1973; YOKOYAMA et al., 2000).

Observa-se no testemunho SPT-Furnas que na seção entre 43,80-21,00 m ocorre uma sequência de afinamento em direção ao topo (nível de 21,00 m). A partir do nível de 21,00 m os sedimentos passam a ser constituídos essencialmente por silte lamoso até ao nível de 2,75 m. De acordo com o modelo de idades estabelecido para este testemunho, o nível de 21,00 m poderá corresponder a uma descontinuidade sedimentológica com idade de cerca de ≈ 7.000 anos cal. AP e o nível de 2,75 m, uma idade de ≈ 500 anos cal. AP.

A deposição de material muito fino sobre sedimentos com características fluviais (ambiente continental) marcam nitidamente uma mudança nas condições hidrodinâmicas. Estas passaram a ser, em geral, mais calmas no período entre $\approx 7.000-500$ anos AP. Porém registram-se algumas intercalações de areia entre $\approx 6.000-5.000$ anos cal. AP:em torno de

≈2.100 anos cal. AP, entre ≈1900-1500 anos cal. AP e a partir de ≈500 anos cal. AP. Estas poderão corresponder a registros de eventos mais hidrodinâmicos.

Baseados em dados de perfilagem sísmica obtidos na Baía de Sepetiba alguns autores como Figueiredo Jr (1989), Friederichs et al. (2013) e Borges e Nittrouer (2016 b) e observaram que um pacote de sedimentos finos e de origem marinha se acumulou sobre um depósito arenoso de origem continental. De acordo com os referidos autores, esta descontinuidade sedimentológica poderá ter resultado de um evento de máxima inundação oceânica. Borges e Nittrouer (2016 b) dataram este evento com uma idade de ≈6.900 anos AP. De acordo com os referidos autores este evento está marcado em toda a região da Baía de Sepetiba, por uma descontinuidade sedimentológica frequentemente referida como superfície de inundação máxima (SIM).

Laut et al. (2009; 2012) e Pereira e Santos (2012) e baseados em associações de foraminíferos bentônicos e paleoecologia de conchas de moluscos, afirmam que entre ≈6.900-6.500 anos AP o mar esteve mais elevado do que o atual, na Baía de Sepetiba. Estes resultados estão de acordo com estudos realizados por diversos autores para a costa brasileira, como anteriormente referido.

Entretanto, no testemunho SPT-Furnas apenas a partir de ≈5.000 anos cal. AP foram identificadas evidências paleoambientais da presença marinha na área de estudo (assembleias de foraminíferos). Esse registro da presença de águas marinhas na área não é contínuo. A entrada de águas marinhas poderá ter ocorrido entre ≈5.000-4.000 anos cal. AP, ≈3.000-2.100 anos cal. AP e ≈2000-500 anos cal. AP. As assembleias de foraminíferos calcários identificadas durante estes períodos correspondem a uma fauna tipicamente costeira, de fundo de baía.

Pararotalia cananeaensis, espécie típica de ambientes marinhos abertos e relativamente energéticos (EICHLER et al.,1995; DULEBA et al.,1999; DULEBA e DEBENAY, 2003;MURRAY, 2006) apresenta picos de abundância entre ≈5.000-4.500 anos cal. AP, ≈2.300-2.100 anos cal. AP, e ≈1.800-1.600 anos cal. AP, os quais poderão corresponder a fases de maior submersão da área de estudo.

Pereira e Santos (2012), assinalaram a entrada de águas marinhas no Manguezal de Guaratiba há ≈5.100 anos AP baseando-se na presença de conchas de *Corbula* spp., moluscos típicos de fundo de baía, contidos em sedimentos finos. Este evento de submersão foi também reconhecido por Laut et al. (2006, 2012) no manguezal e por Laut et al. (2012) na baía, através de espécies de foraminíferos encontradas em ambiente marinho raso como *A. tepida*,

A. parkinsoniana e *Elphidium* spp., em testemunhos coletados na região interna da Baía de Sepetiba.

A ocorrência de nível marinho mais elevado em torno de ≈ 5.000 anos cal. AP foi ainda reconhecida por Angulo et al. (2002; 2008) e Milne et al. (2005) em outros setores da costa brasileira. Assim, o período entre $\approx 7.000-5.000$ anos cal. AP poderá corresponder a uma fase de transição entre a sedimentação continental e o estabelecimento de um ambiente marinho raso.

No intervalo compreendido entre $\approx 4.000-3.000$ anos cal. AP o testemunho SPT-Furnas não apresenta testas de foraminíferos preservadas, não sendo registradas, entretanto, variações significativas nos parâmetros texturais. Porém, ocorrem neste período valores mais elevados de K-feldspato. O aumento da abundância deste mineral e a ausência de foraminíferos podem indicar uma maior proximidade da área fonte dos sedimentos e um retorno a uma sedimentação mais dominada por processos continentais.

Registro semelhante foi observado no testemunho T4, coletado na Baía de Sepetiba, com um registro sedimentar dos últimos ≈ 3.500 anos cal. AP. No testemunho T4, os sedimentos depositados entre ≈ 3.500 e ≈ 2.800 anos cal. AP são arenosos, apresentam razão $C/S > 3$, indicando maior oxigenação, e não possuem foraminíferos. Estes resultados indicam a ocorrência de exposição subaérea no período compreendido entre ≈ 3.500 e $\approx 3.000/2.800$ anos cal AP.

Entre $\approx 3.000-2.000$ anos cal. AP foi registrada uma nova ocorrência de foraminíferos calcários nos testemunhos SPT-Furnas e T4, evidenciando o retorno a uma maior influência marinha na área de estudo. Pereira e Santos (2012) assinalam a ocorrência de um período de maior influência oceânica no sistema ocorrido entre $\approx 2.700-2.400$ anos AP.

No testemunho SPT-Furnas, a taxa de acumulação é elevada entre $\approx 3.000-2.000$ anos cal. AP (5,30 cm/ano) e a fauna de foraminíferos é constituída por espécies costeiras como *A. parkinsonina* e *A. tepida* *C. excavatum*. No testemunho T4 observa-se neste intervalo, mas principalmente entre $\approx 2.800-2.500$ anos cal. AP, a ocorrência de *B. elegantissima* espécie típica de ambientes de plataforma continental aberta, que por ser oportunista ocupa frequentemente biótopos costeiros sob forte influência marinha (MURRAY, 1991; 2006). No testemunho SPT-Furnas este acréscimo da influência oceânica é indicado pelo aumento da abundância de *P. cananeaensis* até cerca de ≈ 2.100 anos cal. AP.

No testemunho T4, os sedimentos depositados entre $\approx 2.800-2.500$ anos cal. AP apresentaram-se também pouco oxigenados ($C/S < 3$), confirmando as condições de

confinamento que favoreceram a fauna, principalmente *B. elegantissima*. Assim, nos dois testemunhos (SPT-Furnas e T4) é possível sugerir um cenário de confinamento, no qual a Baía de Sepetiba foi se tornando cada vez mais protegida da ação de correntes costeiras. Tal ocorrência pode estar relacionada ao processo de fechamento da Restinga da Marambaia e consequente proteção e confinamento da baía, que segundo Roncarati e Carelli (2012) poderá ter ocorrido após ≈ 3.440 anos cal. AP.

Logo, as variações sedimentológicas e microfaunísticas identificadas no período entre $\approx 3.000-500$ anos cal. AP, nos testemunhos SPT-Furnas, T4 e T1 poderão estar relacionadas com a ocorrência de um ambiente confinado. Neste período, porém, são também registrados episódios de maior hidrodinâmica, associados à ausência de foraminíferos. Estes organismos podem não ter conseguido se estabelecer nestes períodos mais hidrodinâmicos devido à instabilidade do substrato.

No testemunho SPT-Furnas, entre $\approx 2.000-500$ anos cal. AP, ainda se registra a ocorrência de *P. cananeaensis*. A abundância desta espécie, entretanto, diminui significativamente a partir de ≈ 1.700 anos cal. AP. até se tornar rara ou ausente, dando lugar ao aumento de *A. tepida* (espécie mais abundante), *A. parkinsoniana* e *A. rolshauseni* e *C. excavatum*. Esta mudança na fauna é indicadora de que o ambiente torna-se mais raso.

O período entre $\approx 2.000-500$ anos cal. AP, caracterizado em geral por condições confinantes, é entrecortado por um evento de elevada hidrodinâmica ocorrido entre $\approx 1.800-1.600$ anos cal. AP. Este evento é assinalado por uma seção composta por sedimentos mais grossos e mais oxigenados (redução nos teores de COT e valores de $C/S > 3$) no testemunho SPT-Furnas e pela ausência de foraminíferos nos testemunhos T1 e T4, e pode estar relacionado com a ruptura da Restinga da Marambaia.

Porém o restabelecimento da restinga poderá explicar a ocorrência de foraminíferos no testemunho T1, no Manguezal de Guaratiba, entre $\approx 1.400-300$ anos cal. AP. A fauna encontrada neste período é composta por espécies calcárias como *Ammonia parkinsoniana*, *A. tepida*, *Haynesina germanica*, *B. elegantissima*, *C. excavatum* e várias espécies de *Elphidium*, características de fundo de baía (ZANINETTI et al., 1977; BRÖNNIMANN et al., 1981a; LAUT et al., 2006, 2009, 2012; MURRAY, 1991; 2006). Tais assembleias indicam que a área de estudo passou por um período de submersão entre ≈ 1.400 e 300 anos cal. AP, o qual pode ser identificado nos testemunhos SPT-Furnas e T4.

Além disso, os resultados de isótopos estáveis em testas de *A. tepida* ($A. tepida \delta^{18}O$ e $A. tepida \delta^{13}C$) no testemunho T1 evidenciam pulsos de incursão de águas marinhas mais ou

menos frias, dentro do referido contexto de submersão. Valores mais negativos de *A. tepida* $\delta^{13}\text{C}$ em direção ao topo do testemunho indicam o aumento da contribuição de matéria orgânica continental, provavelmente trazida pelos canais que irrigam a planície de maré de Guaratiba (ex. Piracão e Piraquê).

A partir dos últimos ≈ 400 anos cal. AP não foram registrados foraminíferos no testemunho SPT-Furnas. Neste testemunho, a granulometria do sedimento aumenta significativamente e as características texturais e composicionais dos sedimentos (partículas extremamente mal selecionadas, ocorrência predominante de grãos angulosos e subangulosos e ausência de conchas de moluscos) permitem deduzir que o ambiente deposicional deixou de ser influenciado por processos marinhos.

No testemunho T1 a fauna calcária de foraminíferos desaparece definitivamente apenas há cerca de ≈ 250 anos cal. AP, dando lugar a uma fauna exclusivamente aglutinante, composta principalmente por *Arenoparrella mexicana*, *Entzia. macrescens*, *Haplophragmoides manilaensis*, *Haplophragmoides wilberti* e *Trochammina inflata*. Estas espécies são descritas por Murray (1991, 2006) como típicas de pântanos salinos e manguezais, tendo sido identificadas por Zaninetti et al. (1979), Brönnimann et al. (1981b); Laut et al. (2006; 2012), Laut e Rodrigues (2011) no Manguezal de Guaratiba. Concomitante, a esta fauna aglutinante, o testemunho T1 apresentou sedimentos com enriquecimento elevado de COT e carbonatos. Estas características estão de acordo com a instalação de um ambiente anóxico, de baixa energia e sedimentação típica de manguezal, tal como descrevem Pereira e Santos (2012). Estes dados indicam que o Manguezal de Guaratiba, teria se estabelecido a partir de ≈ 250 anos cal. AP.

Nos últimos 100 anos registra-se no testemunho T4 a ocorrência rara ou ausente de foraminíferos. O elevado grau de confinamento e a contaminação da região interna da Baía de Sepetiba poderá ter constituído um fator fortemente limitante ao estabelecimento de grandes comunidades destes organismos. Observa-se, porém, elevada riqueza específica, o que poderá estar associado à entrada de material alóctone através da atividade portuária (liberação de água de lastro dos navios).

CONCLUSÃO

Os testemunhos estudados (SPT-Furnas, T1, T4, com extensões de 50,00m, 480 cm e 296 cm, respectivamente) permitiram a elaboração de um quadro de evolução holocênica para a Baía de Sepetiba nos últimos ≈ 7.000 anos cal. AP. Tal quadro engloba:

- (i) Cenários anteriores a ≈ 7.000 anos cal. AP, quando a região se encontrava sob condições de sedimentação continental associados a um nível do mar mais baixo, na sequência da última glaciação;
- (ii) O reconhecimento de uma descontinuidade entre esta sedimentação continental, de maior hidrodinâmica, e um ambiente de menor energia, há ≈ 7.000 anos cal. AP;
- (iii) Uma fase de transição de ambiente continental para marinho, mostrando o início do afogamento da região, ocorrida entre ≈ 7.000 -6000 anos cal. AP;
- (iv) Maior influência marinha nos períodos entre ≈ 5.000 -4.000 anos cal. AP, ≈ 3.000 -2.100 anos cal. AP e ≈ 2000 -500 anos cal. AP;
- (v) Menor influência marinha na área entre 4.000-3.000 anos cal. AP e ≈ 2.000 -1.500 anos cal AP, estando o último evento referido possivelmente associado a uma ruptura da Restinga da Marambaia;
- (vi) O desenvolvimento de um sistema costeiro cada vez mais confinado, o qual poderá ter levado a uma escassez extrema de foraminíferos na zona interna da Baía de Sepetiba nos últimos ≈ 500 anos cal. AP e ter culminado com
- (vii) O estabelecimento do Manguezal de Guaratiba nos últimos ≈ 300 anos cal. AP.

Os eventos descritos foram reconhecidos em diferentes regiões da Baía de Sepetiba: próximo ao Canal de São Francisco (trecho retificado do Rio Guandu), na zona interna da Baía de Sepetiba e no Manguezal de Guaratiba, sendo que os mesmos puderam ser correlacionados. Além disso, os dados microfaunísticos de foraminíferos mostram-se eficientes para detalhar a evolução da área nos últimos 7.000 anos cal. AP, sobretudo a partir de 5.000 anos cal. AP, quando a influência marinha pôde ser reconhecida.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A coleta de mais testemunhos na Baía de Sepetiba e a aquisição de mais dados de granulometria, mineralogia, datação por radiocarbono, isótopos estáveis e de fauna de foraminíferos podem auxiliar no detalhamento dos eventos descritos no presente trabalho. Este detalhamento, por sua vez, pode contribuir na elaboração de uma visão mais espacial desses eventos no Holoceno da Baía de Sepetiba, que ocorrem em diferentes ambientes da região.