

PRIMEIRO LEVANTAMENTO DA BIODIVERSIDADE DE ASCÍDIAS EM RECIFES DE ARENITO DA APA DELTA DO PARNAÍBA (BRASIL EQUATORIAL) E VARIAÇÕES DENTRO E ENTRE RECIFES

First assessment of the ascidian biodiversity from sandstone reefs of a Protected Area in Equatorial Brazil and variations within and between reefs

Daiane de Fátima da Silva Mororó¹, Maria Tarciana Vieira Fortaleza², José Gerardo Ferreira Gomes Filho³, Pedro de Bastos de Macêdo Carneiro⁴, Rosana Aquino de Souza⁵

¹ Graduanda em Licenciatura em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Delta do Parnaíba.
E-mail: daianemororophb@hotmail.com

² Professora do ensino básico, técnico e tecnológico, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará.
E-mail: tarciana.fortaleza@ifpa.edu.br

³ Professor do curso de Engenharia de Pesca, Universidade Federal do Delta do Parnaíba.
E-mail: gerardogomes@ufpi.edu.br

⁴ Biólogo da Coleção Zoológica Delta do Parnaíba, Universidade Federal do Delta do Parnaíba, docente do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, Universidade Federal do Piauí (UFPI). E-mail: pedrocarneiro@ufpi.edu.br

⁵ Professora do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Delta do Parnaíba.
E-mail: r.aquinosouza@edu.ufpi.br

RESUMO

Este trabalho trata do primeiro levantamento das espécies de ascídias nos recifes de arenito do litoral do Piauí, na APA Delta do Parnaíba (APADP). O levantamento abrangeu três áreas de recifes, e as variações encontradas dentro de cada recife e entre recifes, no que tange à riqueza, biodiversidade e composição específica das assembleias, são descritas. Em cada área, foram amostrados dois transectos paralelos à linha de praia (um superior e um inferior), na zona de ocorrência de ascídias. Foram encontradas as seguintes espécies: *Polysyncraton amethysteum*, *Botryllus* sp., *Botryllus tabori*, *Symplegma brakenhielmi*, *Euherdmania* sp., *Eudistoma vannamei*, *Ecteinascidia conklini*, *Didemnum duplicatum*, *Didemnum psammattodes* e *Didemnum perlucidum*. Também foram encontradas espécies de *Didemnum* não identificadas a nível específico (*Didemnum* sp.1, *Didemnum* sp. 2, *Didemnum* spp.). Cinco espécies não puderam ser identificadas até gênero. As composições específicas revelam assembleias bem distintas por transecto, com poucas espécies comuns entre os transectos

Recebido em: 24/3/2022

Aprovado em: 14/10/2022

Publicado on-line em: 31/01/2023

superior e inferior de uma mesma área e entre as áreas. Os fatores “área” e “altura” influenciaram significativamente a estrutura das assembleias (PERMANOVA, $p < 0,05$). O transecto inferior sempre apresentou maior diversidade que o superior. No entanto, *Botryllus* sp. foi muito frequente e exclusivo do transecto superior. A diversidade também variou entre as áreas amostradas e foi muito baixa na área próxima à desembocadura de um rio. Os dados são discutidos com vistas ao delineamento de um protocolo de monitoramento da fauna de ascídias, à condução de futuras pesquisas sobre a biodiversidade de ascídias no estado e à conservação dos recifes de arenito da APADP.

Palavras-chave: Ascidiacea, tunicados, litoral, Piauí, intertidal, fundo consolidado.

ABSTRACT

An assessment of the ascidian biodiversity from three intertidal sandstone reefs was performed in a protected area in the coast of Piauí State (Brazil). Assembly variations in richness, biodiversity and species composition within and between reefs are described. Two horizontal transects (a higher one and lower one) within the ascidian zone were sampled, in each of the three sites. The following species were found: Polysyncraton amethysteum, Botryllus sp., Botryllus tabori, Symplegma brakenhielmi, Euherdmania sp., Eudistoma vannamei, Ecteinascidia conklini, Didemnum duplicatum, Didemnum psammatoles, Didemnum perlucidum. Other Didemnum species which were not identified at the species level (Didemnum sp.1, Didemnum sp. 2, Didemnum spp.) were found. Five other species were not identified at generic level. Species composition reveal very distinct assemblies by transect, with very few species in common between transects (higher and lower) within the same site and between sites. 'Site' and 'height' had significant effects in assembly structure (PERMANOVA, $p < 0,05$). Lower transect had always a higher diversity than higher transect, in the same site. Nonetheless, Botryllus sp. was very common and exclusive of higher transects. Diversity also varied between sites and was very low in a site next to a river mouth. Results are discussed regarding the design of a monitoring protocol for the ascidian fauna from these reefs, and future research on its ascidian biodiversity and conservation.

Keywords: Ascidiacea, tunicates, littoral, Piauí, intertidal, rocky shores.

INTRODUÇÃO

O conhecimento acerca da biodiversidade de ascídias no Brasil concentra-se nas regiões Sul e Sudeste. Nas duas últimas décadas, esforços têm sido realizados para ampliação desse conhecimento a outras regiões, principalmente ao Nordeste do país (Lotufo, 2002; Gama *et al.*, 2006; Mathews-Cascon & Lotufo, 2006; Oliveira-Filho, 2010; Rocha *et al.*, 2012; Paiva 2013; Oliveira, 2014; Oliveira; Gamba & Rocha, 2014; Paiva; Oliveira-Filho & Lotufo, 2015; Paiva, 2021). No entanto, ainda não existem trabalhos publicados sobre a biodiversidade de ascídias na área que se estende desde a fronteira do Ceará com o Piauí (2°55'00" S e 41°19'00" W) até o Amapá (04°30'00" N e 51°35'00" W), desde Millar (1977), correspondendo à ecorregião Amazônia (Spalding *et al.*, 2007). Mesmo considerando que substratos

rochosos são pouco abundantes na ecorregião, a escassez de dados a respeito da fauna de tunicados em toda essa extensão somente se explica pela subamostragem dos bentos de fundos rochosos nessa região (evidenciada por Coutinho *et al.*, 2016; Mantelatto; Cruz & Creed, 2018).

O litoral do estado do Piauí possui 66 km de extensão. Como mencionado acima, o estado está localizado na transição entre a ecorregião Amazônia (da província Norte do Brasil) e a ecorregião Nordeste Brasileiro (da província Atlântico Sudoeste Tropical) (Spalding *et al.*, 2007). O litoral piauiense sofre a influência das secas periódicas características do clima semiárido dessa última província. No entanto, a sua costa está localizada entre dois rios perenes, o rio Parnaíba e o rio Timonha (Ubatuba-Timonha). O litoral do estado está completamente inserido na Área de Proteção Ambiental Delta do Parnaíba (APADP). Nas praias do estado, há oito áreas de substratos rochosos, dos quais um é um afloramento granítico e sete são recifes de arenito (Baptista, 2010). Esses recifes de arenito ocupam uma extensão total de 12,1 km (18% da extensão do litoral do estado).

O presente trabalho registra a primeira lista de espécies de ascídias para o litoral do Piauí. Esses registros são provenientes de amostragens rápidas, com o objetivo de subsidiar a definição de um protocolo para um programa de levantamento e monitoramento a longo prazo da biodiversidade de ascídias dos recifes de arenito do estado. Além disso, este trabalho tem como objetivo descrever as variações espaciais encontradas (em termos de riqueza, biodiversidade e composição específica) dentro de cada recife, em diferentes posições no gradiente de exposição aérea (emersão) do mesolitoral, e entre as diferentes áreas amostradas. As variações espaciais encontradas nessas amostras são analisadas tendo em vista o delineamento de um protocolo de amostragem para o programa de monitoramento supracitado, a condução de futuras pesquisas sobre a biodiversidade de ascídias no estado e a conservação dos recifes de arenito da APADP.

MATERIAL E MÉTODOS

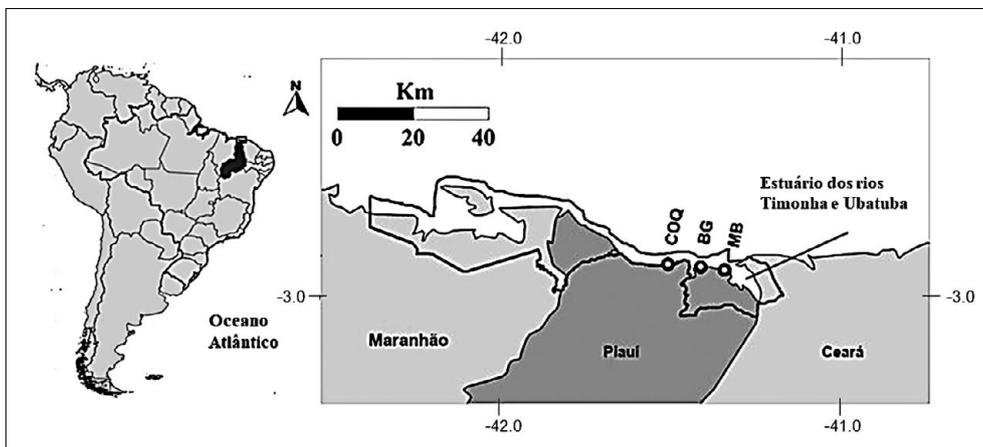
Procedimentos de campo e de laboratório

As ascídias foram coletadas no mês de fevereiro de 2019, nas praias do Coqueiro (2°54'18" S e 41°34'34" W), Barra Grande (2°53'59" S e 41°24'26" W) e Morro Branco (2°55'11" S e 41°20'35" W) (Figura 1), identificadas neste trabalho pelas abreviações COQ, BG e MB. Nesses locais, os recifes são formados por seixos de arenito ferruginoso de tamanhos variados (10-100 cm), espalhados e amontoados no mesolitoral, formando acumulações que podem chegar a 1,5 m de altura a partir do substrato arenoso.

Em cada localidade, foi estabelecida uma área de aproximadamente 40 metros de largura, mais ou menos plana, onde o tamanho predominante dos seixos variava em torno de 20 cm, e estava localizada na franja do infralitoral. Foram utilizados dois transectos paralelos à linha de praia, em cada uma dessas áreas. Os transectos distanciavam um do outro por aproximadamente 5 m e foram denominados de Transecto Superior (TS, no limite superior de ocorrência de ascídias) e Transecto Inferior (TI, na linha mais inferior possível). Cada transecto foi dividido em 10 pontos com uma distância de aproximadamente 4 m entre eles. Os seixos amostrados deveriam estar entre 15 e 25 cm e em contato direto com o solo; o seixo mais próximo de cada ponto era virado e sua face inferior fotografada para o registro *in situ* do aspecto externo das colônias. Não havia ascídias nas faces superiores das rochas. As ascídias presentes nos seixos tinham suas características externas

anotadas, fotografadas e coletadas. Em cada transecto, portanto, foram amostrados 10 seixos numerados de 1 a 10. Os indivíduos foram coletados com o auxílio de bisturi e pinça e armazenados em frascos de vidro contendo água do mar.

Figura 1 - Litoral do Piauí e locais de coleta (áreas recifais). COQ: Coqueiro; BG: Barra Grande; MB: Morro Branco. A área delimitada corresponde à APA Delta do Parnaíba



No laboratório, o material coletado recebeu anestesia por cristais de mentol. Em seguida, as amostras foram armazenadas em frascos de vidro e fixadas em formol a 4%, sendo, posteriormente, transferidas para etanol a 70%. As ascídias foram identificadas a partir de descrições da literatura (principalmente Van Name, 1945; Lotufo, 2002; Rocha; Zanata & Moreno, 2012) até o menor nível taxonômico possível. O material coletado encontra-se depositado na Coleção Zoológica Delta do Parnaíba – UDFPar (CZDP(F2) 0061 a 0078).

Para análise da diversidade de ascídias por área de coleta e por altura, além da riqueza de espécies, considerou-se também o índice de biodiversidade de Shannon-Weaver, que foi calculado com base na frequência das espécies em cada transecto (número de seixos em que a espécie ocorreu, de um total de 10).

Os dados de presença/ausência das espécies, por seixo (unidade amostral), foram utilizados em análises multivariadas através do software PRIMER. Foi realizado um MDS para analisar o agrupamento dos seixos por área de coleta e por altura (posição do gradiente terra-mar). Foi realizada uma PERMANOVA ($\alpha = 0,05$) para testar as hipóteses de que as assembleias de ascídias variaram entre os locais de coleta e de acordo com a altura. O fator “altura” foi aninhado dentro do fator “área”. Além da PERMANOVA, foram realizados também testes de Monte-Carlo, uma vez que a quantidade de permutações possíveis foi baixa em alguns casos. O índice utilizado para obtenção da matriz de similaridade foi o de Bray-Curtis. Seixos em que nenhuma espécie foi encontrada não foram incluídos na análise.

RESULTADOS

Os lotes coletados foram separados em 18 morfotipos. A partir desse material, foram observados espécimes pertencentes às três ordens da classe Ascidiacea (Phlebobranchia, Aplousobranchia e Stolidobranchia), incluídos em cinco famílias (Perophoridae, Didemnidae, Polycitoridae, Euherdmaniidae e Styelidae) e sete gêneros (*Ecteinascidia*, *Polysyncraton*, *Didemnum*, *Eudistoma*, *Euherdmania*, *Botryllus* e *Symplegma*). A classificação dos espécimes identificados até o menor nível taxonômico possível encontra-se no Quadro 1.

Quadro 1 - Lista sistemática das espécies de ascídias identificadas até o menor nível taxonômico possível do estado do Piauí

Ordem Aplousobranchia (Lahille, 1887)	Família Euherdmaniidae (Ritter, 1904)
Família Didemnidae (Giard, 1872)	Gênero <i>Euherdmania</i> (Ritter, 1904)
Gênero <i>Polysyncraton</i> (Nott, 1892)	<i>Euherdmania</i> sp.
<i>Polysyncraton amethysteum</i> (Van Name, 1902)	Ordem Stolidobranchia (Lahille, 1886)
Gênero <i>Didemnum</i> (Savigny, 1816)	Família Styelidae (Sluiter, 1985)
<i>Didemnum duplicatum</i> (Monniot, 1983)	Gênero <i>Botryllus</i> (Gaertner, 1774)
<i>Didemnum perlucidum</i> (Monniot, 1983)	<i>Botryllus tabori</i> (Rodrigues, 1962)
<i>Didemnum psammotodes</i> (Sluiter, 1895)	<i>Botryllus</i> sp.1
<i>Didemnum</i> sp.1	Gênero <i>Symplegma</i> (Herdman, 1886)
<i>Didemnum</i> sp.2	<i>Symplegma brakenhielmi</i> (Michaelsen, 1904)
<i>Didemnum</i> spp.	Ordem Phlebobranchia (Lahille, 1886)
Família Polycitoridae (Michaelsen, 1904)	Família Perophoridae (Giard, 1872)
Gênero <i>Eudistoma</i> (Caullery, 1909)	Gênero <i>Ecteinascidia</i> (Herdman, 1880)
<i>Eudistoma vannamei</i> (Millar, 1977)	<i>Ecteinascidia conklini</i> (Berril, 1932)

Entre os 18 morfotipos identificados, nove deles ocorreram em apenas um ou dois seixos, do total de 60 (Tabela I), e serão doravante denominados de espécies raras. O estado de algumas dessas colônias coletadas não permitiu realizar a identificação taxonômica, e, devido a sua raridade, essas espécies não foram mais encontradas nos locais de coleta em visitas posteriores. As exceções foram *Ecteinascidia conklini* (Figura 2b), *Botryllus tabori* (Figura 2c) e *Symplegma brakenhielmi*, que, embora raras, foram identificadas ao nível de espécie.

Tabela I - Lista das espécies raras¹ e comuns² encontradas e frequência (no de seixos em que foram encontradas) por transecto, em cada área de coleta. 1 Foram consideradas raras as espécies ocorrentes em apenas 1 ou 2 seixos. 2 Foram consideradas comuns as espécies ou táxons ocorrentes em mais de 2 seixos. 3 Outras espécies de *Didemnum*. COQ: Coqueiro; BG: Barra Grande; MB: Morro Branco

	Família	Espécie	COQ		BG		MB		Total	
			S	I	S	I	S	I	S	I
ESPÉCIES RARAS	Didemnidae	<i>Didemnum</i> sp. 1 (cinza)	1	-	-	-	-	-	1	-
		<i>Didemnum</i> sp. 2 (rosa)	1	-	-	-	-	-	1	-
	Styelidae	<i>Symplegma brakenhielmi</i>	-	-	-	1	-	-	-	1
		<i>Botryllus tabori</i>	-	-	1	1	-	-	1	1
	Perophoridae	<i>Ecteinascidia conklini</i>	-	1	-	1	-	-	-	2
	Desconhecida	Espécie não identificada 1	-	-	-	2	-	-	-	1
	Desconhecida	Espécie não identificada 2	-	-	-	1	-	-	-	1
	Desconhecida	Espécie não identificada 3	-	-	-	1	-	-	-	1
Desconhecida	Espécie não identificada 4	-	-	-	-	-	1	-	1	
ESPÉCIES COMUNS	Didemniidae	<i>Polysyncraton amethysteum</i>	9	8	3	-	-	-	12	8
		<i>Didemnum perlucidum</i>	-	8	-	-	-	-	-	8
		<i>Didemnum duplicatum</i>	-	3	-	-	-	-	-	3
		<i>Didemnum psammotodes</i>	2	-	1	-	-	-	3	-
		<i>Didemnum</i> spp. (brancas) ³	1	5	-	-	-	-	1	5
	Euherdmaniidae	<i>Euherdmania</i> sp.	-	8	-	-	-	-	-	8
	Polycitoridae	<i>Eudistoma vannamei</i>	-	-	-	7	-	6	-	13
	Styelidae	<i>Botryllus</i> sp.	7	-	1	-	-	-	8	-
	Desconhecida	Espécie não identificada 5	-	-	2	1	3	1	5	2

Figura 2 - Aspecto externo, *in situ*, de colônias de ascídias encontradas nos recifes de arenito da APA Delta do Parnaíba, no estado do Piauí. **a.** *Euherdmania* sp., **b.** *Ecteinascidia conklini*, **c.** *Botryllus tabori* e **d.** *Eudistoma vannamei*



As espécies ocorrentes em mais de dois seisos serão doravante denominadas de espécies comuns. Vale destacar que a maioria dessas espécies comuns foram identificadas até o nível específico, sendo elas: *Polysyncraton amethysteum* (Figura 3c), *Didemnum perlucidum* (Figura 3d), *Didemnum duplicatum* (Figura 3a), *Didemnum psammatoedes* (Figura 3b) e *Eudistoma vannamei* (Figura 3d) (Tabela I).

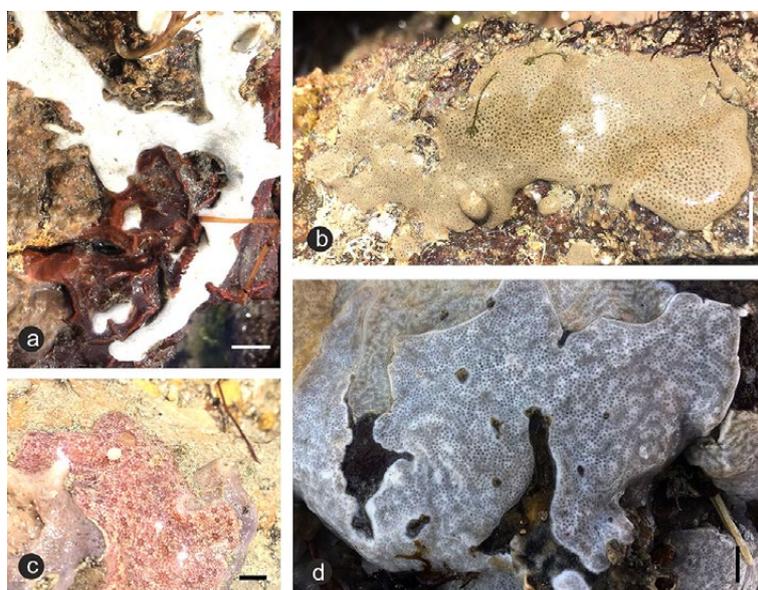


Figura 3 - Aspecto externo, *in situ*, de colônias de ascídias encontradas nos recifes de arenito da APA Delta do Parnaíba, no estado do Piauí. **a.** *Didemnum duplicatum*, **b.** *Didemnum psammatoedes*, **c.** *Polysyncraton amethysteum* e **d.** *Didemnum perlucidum*

Para o gênero *Didemnum*, seis morfotipos foram observados, sendo identificados como: *D. perlucidum*, *D. duplicatum*, *D. psammatoedes*, *Didemnum* sp. 1 (coloração cinza), *Didemnum* sp. 2 (coloração rosa) e *Didemnum* spp. (outras espécies de *Didemnum* com coloração branca), uma vez que não foi possível determinar a quantidade de espécies às quais essas colônias correspondem (espécies desse grupo foram encontradas exclusivamente em COQ).

Os recifes que apresentaram maiores riquezas e maiores índices de biodiversidade foram os de COQ e BG, com 10 e 11 táxons respectivamente (Tabelas I e II); o recife de Morro Branco apresentou apenas três espécies (Tabelas I e II) e, conseqüentemente, um índice de biodiversidade muito baixo (Tabela II). Em COQ, havia apenas um seixo sem ascídias, localizado no TS. Em BG, esse número era de cinco, todos no TS; e em MB, as ascídias estavam ausentes em sete seixos do TS e três do TI. Os índices de biodiversidade foram sempre maiores nos TIs, dentro de cada área de coleta, e ligeiramente maiores em BG que em COQ, para a mesma altura (Tabela III).

As espécies mais frequentes foram *Polysyncraton amethysteum* e *Eudistoma vannamei* (Tabela I). Em todas as três praias, os TIs apresentaram riqueza igual ou maior que os TSs; no total, foram encontradas 13 espécies nos TIs e oito no TSs (Tabelas I e III). *P. amethysteum*, *B. tabori*, *Didemnum* spp. e uma espécie não identificada foram as únicas presentes nas duas alturas (Tabela I). Entre as espécies exclusivas dos TIs, destacam-se, em termos de frequência, *E. vannamei*, *D. perlucidum* e *Euherdmania* sp. (Figura 2a); e entre as espécies exclusivas dos TSs, destaca-se *Botryllus* sp.

Tabela II - Riqueza (S), equitatividade (J') e índice de biodiversidade de Shannon-Weaver (H'), por área amostral (local)

Local	S	J'	H'
Coqueiro (COQ)	10	0,8531	1,964
Barra Grande (BG)	11	0,8908	2,136
Morro Branco (MB)	3	0,8342	0,9164

Tabela III - Riqueza (S), equitatividade (J') e índice de biodiversidade de Shannon-Weaver (H'), em cada transecto

Transecto	S	J'	H'
COQ superior	6	0,7748	1,388
COQ inferior	6	0,9156	1,64
BG superior	5	0,9284	1,494
BG inferior	8	0,8212	1,708
MB superior	1	-	-
MB inferior	3	0,6696	0,7356

As análises multivariadas demonstraram uma forte distinção das assembleias de ascídias por área de coleta (Tabelas IV e V e Figura 4), com diferenças estatisticamente significantes ($p < 0,05$) entre elas, principalmente entre a assembleia de COQ e as demais. Essas análises também evidenciaram o efeito da altura na composição específica dessas assembleias (Tabelas IV e VI e Figura 4), com diferenças estatisticamente significantes ($p < 0,05$) entre TS e TI em COQ e MB.

Tabela IV - Resultados da PERMANOVA bifatorial e testes de Monte-Carlo

Fonte	df	SS	MS	Pseudo-F	P (PERMANOVA)	P (Monte-Carlo)
Área	2	53095	26548	17,641	0,001	0,001
Altura	3	37523	12508	8,3114	0,001	0,001
Res	37	55680	1504,9			
Total	42	148230				

Tabela V - Resultados dos testes pareados da PERMANOVA e testes de Monte-Carlo, entre locais

	t	P (PERMANOVA)	Nº de Permutações únicas	P (Monte-Carlo)
COQ x BG	4,629	0,001	997	0,001
COQ x MB	6,9296	0,001	999	0,001
MB x BG	1,6056	0,037	998	0,041

Figura 4 - Escalonamentos multidimensionais (MDS) baseados no índice de similaridade de Bray-Curtis a partir dos dados de presença/ausência das espécies nos seisos analisados. (a): quadrados - praia do Coqueiro (COQ), círculos - praia de Barra Grande (BG) e Cruzes - praia do Morro Branco (MB). (b) (d): triângulos cinzas - transectos inferiores (TI), triângulos pretos - transectos superiores (TS). A quantidade de pontos no gráfico não reflete a quantidade de amostras devido a sobreposições entre amostras no plano bidimensional

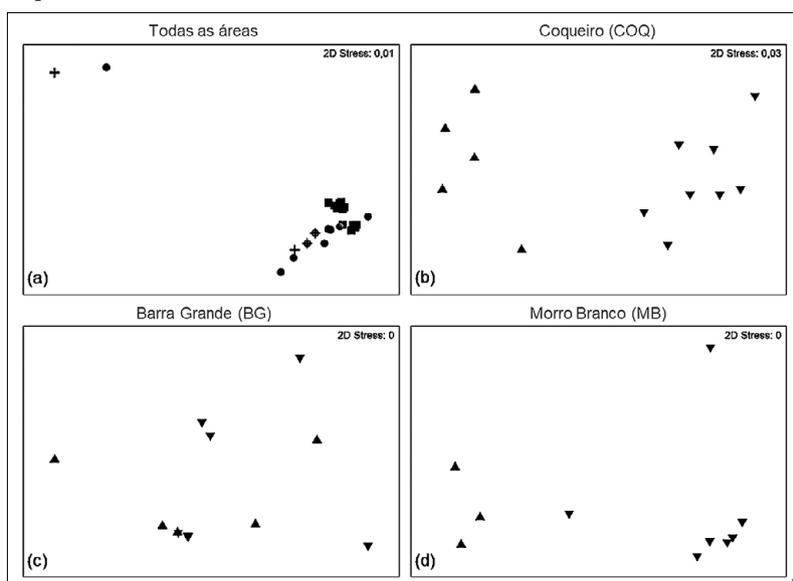


Tabela VI - Resultados dos testes pareados da PERMANOVA e testes de Monte-Carlo, entre os transectos superior (TS) e inferior (TI), em cada área. *Resultado não significante ($p > 0,05$)

Área	t	P (PERMANOVA)	Nº de permutações únicas	P (Monte-Carlo)
COQ	6,1409	0,001	646	0,001
BG	3,6416	0,008	12	0,002
MB	1,0838	0,356*	202	0,342*

DISCUSSÃO

O presente trabalho registra oito espécies de ascídias para a área de estudo, sendo todas elas novos registros para o estado do Piauí. Nosso levantamento rápido demonstra que a lista de ascídias aqui apresentada para o litoral piauiense é de caráter preliminar. No entanto, este estudo consiste nos únicos dados disponíveis sobre a fauna de ascídias do estado e, provavelmente, inclui as espécies mais comuns nos recifes de arenito da APADP. A implementação do programa de monitoramento com coletas sistemáticas anuais de ascídias certamente irá fornecer novos registros de espécies para a região.

Entre os sete gêneros encontrados neste trabalho, o mais representado em termos de quantidade de espécies foi *Didemnum*. Esse dado está compatível com a alta diversidade do

táxon, que é o segundo maior em número de espécies conhecidas no mundo, entre os gêneros de tunicados (Shenkar & Swalla, 2011). Além disso, foi possível observar que todas as espécies identificadas a nível específico foram também registradas para o estado vizinho do Ceará (Millar, 1977; Lotufo, 2002; Oliveira-Filho, 2010; Rocha; Zanata & Moreno, 2012; Paiva, 2013; Oliveira, 2015), ratificando, portanto, a semelhança entre as duas regiões geográficas e ampliando a distribuição conhecida para essas espécies no Brasil.

O presente estudo revelou uma distribuição desigual da biodiversidade tanto vertical (entre transectos do mesmo recife) quanto horizontalmente (ao longo do litoral). A baixa diversidade encontrada na praia do Morro Branco (MB) pode estar relacionada à influência dos rios Ubatuba e Timonha que desembocam muito próximo ao local de coleta, a oeste. Devido à corrente norte do Brasil, que se desloca na região no sentido leste-oeste, pode-se inferir que MB sofre forte influência do aporte continental proveniente desses rios (Figura 1). É esperado que o aporte continental de água doce e sedimentos influencie diretamente a sobrevivência das ascídias, pois: 1) as ascídias são notoriamente pouco tolerantes a baixas salinidades (Shenkar & Swalla, 2011; Lambert, 2005), sendo um grupo composto exclusivamente por espécies marinhas; e 2) o sedimento suspenso ou depositado tem o potencial de causar mortalidade em organismos filtradores, incluindo as ascídias (Young & Chia, 1984; Torre *et al.*, 2014).

O material analisado no presente trabalho foi coletado durante o período de chuvas, que aumentam a vazão dos rios. A inclusão de amostragens no final do período seco (quando a vazão dos rios diminui) no programa de monitoramento citado anteriormente, possibilitando a comparação da composição específica encontrada entre as duas estações (seca e chuvosa), por local de coleta, pode ajudar a esclarecer a hipótese de que o aporte continental é um importante fator estruturador das assembleias de ascídias, responsável pela redução na sua riqueza e diversidade.

De modo geral, as espécies de ascídias aqui registradas mostraram uma tendência a uma distribuição localizada, com a predominância de didemnídeos em COQ, que foram muito raros ou completamente ausentes nas outras localidades. Entre os didemnídeos encontrados em COQ, a alta frequência de *Polysyncraton amethysteum* em ambos os transectos reforça o alto potencial para assentar e manter colônias em ambientes entremareais, quando comparado a outras espécies (Gama *et al.*, 2006). *D. perlucidum* e *Euherdmania* sp. também foram muito frequentes em COQ e ausentes em BG e MB e foram encontradas exclusivamente no transecto inferior. *Botryllus* sp. também foi muito frequente em COQ, porém foi exclusiva do transecto superior. A espécie mais frequente em BG e MB, *Eudistoma vannamei*, foi exclusiva dos transectos inferiores e ausente em COQ.

As ascídias são espécies de baixa tolerância fisiológica à exposição aérea e adaptadas a assentar em habitats úmidos e escuros (Olson, 1983; Young, 1985; Young & Chia, 1984; Young, 1989; Keough & Downes, 1986; Lambert, 2005). Uma vez que o tempo de exposição ao ar e, portanto, o estresse fisiológico decorrente aumenta gradativamente em direção ao continente, as maiores riquezas e frequências observadas nos transectos inferiores eram esperadas. Por essa razão, a distribuição vertical de *Botryllus* sp. neste estudo chama a atenção, pois essa espécie foi encontrada somente, e com muita frequência, no transecto superior. Esse padrão de distribuição sugere que a ocorrência de *Botryllus* sp. nas faixas mais inferiores é limitada por relações bióticas como predação ou competição e não por fatores abióticos. Por outro lado, essa e outras espécies (como *P. amethysteum*) devem possuir maiores tolerâncias fisiológicas a fatores de estresse relacionados à exposição aérea (como hipoxia e dessecação), que as permitem colonizar faixas mais superiores.

Este trabalho evidencia a distribuição diferencial de ascídias em relação ao gradiente terra-mar, em recifes mesolitorâneos, incluindo uma espécie (*Botryllus* sp.) que apresentou uma frequência menor numa faixa mais inferior do recife que em outra mais superior, em oposição ao que se espera para espécies do grupo. Porém, as especulações acima, em relação às causas dessas distribuições, necessitam de trabalhos experimentais para que sejam devidamente abordadas. É um fato bem conhecido que, em costões e recifes rochosos entremareais, as ascídias, com poucas exceções, restringem-se à faixa mais inferior (Young & Chia, 1984; Dalby Jr. & Young, 1992); no entanto, há poucas descrições e pesquisas quanto à zonação de espécies dentro dessa zona de ascídias. É, portanto, de grande interesse que essas hipóteses sejam investigadas.

A variação nas assembleias de ascídias entre os recifes amostrados foi maior que a variação vertical, dentro dos recifes. Sobre a variação na composição específica entre os recifes, uma vez que os recifes abrigam conjuntos de espécies muito distintos entre si, conclui-se que ações de preservação devem buscar minimizar o impacto antropogênico nos recifes da APADP como um todo, ao invés de ações localizadas que priorizem alguns poucos recifes. É importante ressaltar também que decisões no que tange à conservação não podem ser tomadas somente com base na biodiversidade de ascídias, pois os serviços ambientais prestados pelo recife do MB, que apresentou baixa riqueza de ascídias, incluem a sua associação a pradarias que abrigam uma fauna rica (Cavalcante *et al.*, 2019) e alimentam uma população de peixe-boi (Ciotti, 2012). Vale ressaltar também que as praias da região são arenosas e que esses recifes representam, portanto, manchas de substrato rochoso na paisagem regional. Este trabalho é o primeiro levantamento faunístico, com esforço amostral mensurado e comparável entre os recifes do estado e da APADP, demonstrando que os recifes dessa região abrigam assembleias faunísticas muito distintas entre si e com uma riqueza total expressiva no que diz respeito às ascídias (no mínimo 18 espécies). Isso significa que os recifes fornecem um considerável incremento à biodiversidade local.

Os dados deste estudo contribuem para direcionar futuras pesquisas no Piauí e definir um protocolo de monitoramento para esse grupo taxonômico. Com base nos resultados obtidos, recomenda-se que as pesquisas sobre a biodiversidade de ascídias nos recifes do estado devam ser ampliadas a outras áreas e busquem investigar os principais fatores que estruturam as assembleias de ascídias. O presente trabalho aponta algumas hipóteses que merecem mais atenção: 1) maiores tolerâncias fisiológicas à emersão (maiores tempos de exposição aérea diária) e relações de competição explicam a distribuição vertical das espécies que ocorrem somente nos transectos mais superiores, 2) o aporte de água doce explica as variações horizontais (entre as áreas amostradas) na diversidade e 3) isso se deve às baixas tolerâncias das espécies a baixas salinidades e/ou altos teores de sedimentos. Por fim, um programa de monitoramento a ser implementado deve envolver amostragens no período seco e no período chuvoso (uma vez que se sugere que o aporte fluvial pode ter grande influência na riqueza de espécies), abranger o máximo de recifes possível, devido à grande diversidade entre recifes encontrada, e adotar um controle rígido da altura dos transectos amostrados, ou adotar transectos fixos, pois ficou demonstrado que as assembleias variam muito verticalmente, mesmo em uma escala espacial muito pequena.

Agradecimentos - Agradecemos aos revisores anônimos que fizeram importantes sugestões para a melhoria do manuscrito original.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baptista, E.M.C. *Estudo morfossedimentar dos recifes de arenito da zona litorânea do estado do Piauí, Brasil*. Tese de doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, 305 p., Santa Catarina, 2010. <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/93606>.
- Ciotti, L.L. *Isótopos estáveis de carbono e nitrogênio aplicados ao estudo da ecologia trófica do peixe-boi marinho (Trichenus manatus) no Brasil*. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Biológica, Fundação Universidade de Rio Grande, 85 p., 2012. <http://repositorio.furg.br/bitstream/handle/1/4044/Leandro.pdf?sequence=1>.
- Cavalcante, L.L.; Barroso, C.X.; Macêdo Carneiro, P.B. de & Matthews-Cascon, H. Spatiotemporal dynamics of the molluscan community associated with seagrass on the western equatorial Atlantic. *J. Mar. Biolog. Assoc. U.K.*, v. 99, n. 6, p. 1285-1294, 2019. <https://doi.org/10.1017/S0025315419000183>.
- Coutinho, R.; Yaginuma, L.E.; Siviero, F.; Santos, J.C.Q.P. dos; López, M.S.; Christofolletti, R.A.; Berchez, F.; Gilard-Lopes, N.P.; Ferreira, C.E.L.; Gonçalves, J.E.A.; Masi, B.P.; Correia, M.D.; Sovierzoski, H.H.; Skinner, L.P. & Zalmon, I.R. Studies on benthic communities of rocky shores on the Brazilian coast and climate change monitoring: status of knowledge and challenges. *Braz. J. Oceanogr.*, v. 64, sp. 2, p. 27-32, 2016. <https://doi.org/10.1590/S1679-875920161015064sp2>.
- Dalby Jr., J.E. & Young, C.M. Role of early post-settlement mortality in setting the upper depth limit of ascidians in Florida epifaunal communities. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, Oldendorf, v. 80, n. 2, p. 221-228, 1992. <https://www.int-res.com/articles/meps/80/m080p221.pdf>.
- Gama, P.B.; Leonel, R.M.V.; Hernández, M.I.M. & Mothes, B. Recruitment and colonization of colonial ascidians (Tunicata: Ascidiacea) on intertidal rocks in Northeastern Brazil. *Iheringia Sér. Zool.*, Porto Alegre, v. 96, n. 2, p. 165-172, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0073-47212006000200005>.
- Keough, M.J. & Downes, B.J. Recruitment of marine invertebrates: the role of active larval choices and early mortality. *Oecologia*, v. 54, n. 3, p. 348-352, 1982. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00380003>.
- Lambert, G. Ecology and natural history of the protochordates. *Can. J. Zool.*, v. 83, n. 1, p. 34-50, 2005. <https://www.ingentaconnect.com/content/cndscipub/cjz/2005/00000083/00000001/art00005>.
- Lotufo, T.M.C. *Ascidiacea (Chordata: Tunicata) do litoral tropical brasileiro*. Tese de doutorado, Programa de Pós-Graduação em Ciências, Universidade de São Paulo, 183 p., São Paulo, 2002. <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41133/tde-21052002-125049/publico/tmlotufo.pdf>.
- Mantelatto, M.C.; Cruz, I.C.S. & Creed, J.C. A review of the knowledge of shallow subtidal benthic communities in Brazil. *Mar. Environ. Res.*, v. 140, p. 69-77, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2018.05.022>.
- Mathews-Cascon, H. & Lotufo, T.M.C. *Biota marinha da costa oeste do Ceará*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006, 248 p.

- Millar, R.H. Ascidiaceans (Tunicata: Ascidiacea) from the Northern and Northeastern Brazilian Shelf. *J. Nat. Hist.*, v. 11, n. 2, p. 169-223, 1977. <https://doi.org/10.1080/00222937700770131>.
- Oliveira, F.A.S. *Filogenia de Didemnidae Giard, 1872*. Tese de doutorado, Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Universidade Federal do Ceará, 117 p., Fortaleza, 2015. <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/17915>.
- Oliveira-Filho, R.R. *Caracterização das ascídias em regiões portuárias do Ceará*. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Universidade Federal do Ceará, 111 p., Fortaleza, 2010. https://repositorio.ufc.br/ri/bitstream/riufc/1921/1/2010_dis_rrdeoliveirafilho.pdf.
- Oliveira, L.M. *Ascidiacea (Tunicata) da costa da Paraíba, Nordeste, Brasil*. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Zoologia, Universidade Federal de Curitiba, 134 p., Curitiba, 2014. <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/35811/r%20-%20d%20-%20livia%20de%20moura%20oliveira.pdf?sequence=1>.
- Oliveira, L.M.; Gamba, G.A. & Rocha, R.M. *Eudistoma* (Ascidiacea: Polycitoridae) from tropical Brazil. *Zoologia*, Curitiba, v. 31, n. 2, p. 19-52, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S1984-46702014000200011>.
- Olson, R.R. Ascidian-*Prochloron* symbiosis: the role of larval photoadaptations in midday release and settlement. *Biol. Bull.*, v. 165, n. 1, p. 221-240, 1983. <https://doi.org/10.2307/1541366>.
- Paiva, A.B. *Estudo comparativo das assembleias de ascídias em duas regiões portuárias da costa brasileira*. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Universidade Federal do Ceará, 86 p., Fortaleza, 2013. <https://www.repositoriobib.ufc.br/00001f/00001f77.pdf>.
- Paiva, S.V.; Oliveira-Filho, R.R. & Lotufo, T.M.C. Ascidiaceans from Rocas Atoll, Northeast Brazil. *Front. Mar. Sci.*, v. 2, n. 39, p. 1-20, 2015. <https://doi.org/10.3389/fmars.2015.00039>.
- Paiva, S.V. *Lista de tunicados do Ceará*. Secretaria do Meio Ambiente do Ceará, Fortaleza, 2021. Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/fauna-do-ceara/invertebrados/tunicados/>. Acessado em: 27 abr. 2022.
- Rocha, R.M.; Bonnet, N.Y.K.; Bastista M.S. & Beltramin, F.S. Introduced and native Phlebobranch and Stolidobranch solitary ascidiaceans (Tunicata: Ascidiacea) around Salvador, Bahia, Brazil. *Zoologia*, Curitiba, v. 29, n. 1, p. 39-53, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1984-46702012000100005>.
- Rocha, R.M.D.; Zanata, T.B. & Moreno, T.R. Keys for the identification of families and genera of Atlantic shallow water ascidiaceans. *Biota Neotrop.*, v. 12, n. 1, p. 269-303, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032012000100022>.
- Shenkar, N. & Swalla, B.J. Global diversity of Ascidiacea. *PLoS One*, v. 6, n. 6, p. 1-12, 2011. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0020657>.
- Spalding, M.D.; Fox, H.E.; Allen, G.R.; Davidson, N.; Ferdaña, Z.A.; Finlayson, M.; Lombana, A.; Lourie, S.A.; Martin, K.D.; McManus, J.M.; Recchia, C.A.; Robertson, J.; Helpner, B.S.; Jorge, M.A. & Robertson, J. Marine ecoregions of the world: a bioregionalization of coastal and shelf areas. *BioScience*, v. 57, n. 7, p. 573-583, 2007. <https://doi.org/10.1641/B570707>.

Torre, L.; Abele, D.; Lagger, C.; Momo, F. & Sahade, R. When shape matters: strategies of different Antarctic ascidians morphotypes to deal with sedimentation. *Mar. Environ. Res.*, v. 99, p. 179-187, 2014.

Van Name, W.G. The North and South American ascidians. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.*, v. 84, p. 1-476, 1945. Disponível em: <http://hdl.handle.net/2246/1186>.

Young, C.M. Abundance patterns of subtidal solitary ascidians in the San Juan Islands, Washington, as influenced by food preferences of the predatory snail *Fusitriton oregonensis*. *Mar. Biol.*, v. 84, n. 3, p. 309-32, 1985. <https://doi.org/10.1007/BF00392501>.

Young, C.M. Distribution and dynamics of an intertidal ascidian pseudopopulation. *Bull. Mar. Sci.*, v. 45, n. 2, p. 288-303. 1989. Disponível em: <https://www.ingentaconnect.com/contentone/umrsmas/bullmar/1989/00000045/00000002/art00008>.

Young, C. M. & Chia, F.S. Microhabitat-associated variability in survival and growth of subtidal solitary ascidians during the first 21 days after settlement. *Mar. Biol.*, v. 81, n.1, p. 61-68, 1984.