



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Oceanografia

Paulo Cezar Azevedo da Silva

**Distribuição e composição taxonômica da classe Ascidiacea em águas rasas
em uma zona de transição do litoral brasileiro, Atlântico Sudoeste**

Rio de Janeiro

2024

Paulo Cezar Azevedo da Silva

Distribuição e composição taxonômica da classe Ascidiacea em águas rasas na zona de transição do litoral brasileiro, Atlântico Sudoeste

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de Concentração: Caracterização, Diagnóstico e Evolução de Ambientes Marinhos.

Orientador: Prof. Dr. Luis Felipe Skinner

Rio de Janeiro

2024

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/C

S586 Silva, Paulo Cezar Azevedo da.
Distribuição e composição taxonômica da classe Ascidiacea em águas rasas em uma zona de transição do litoral brasileiro, Atlântico Sudoeste.– 2024.
79 f. : il.

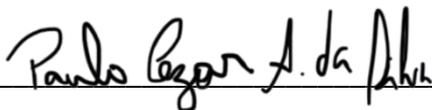
Orientador: Luis Felipe Skinner.
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Centro de Tecnologia e Ciências.

1. Biogeografia - Teses. 2. Invertebrado marinho - Teses. 3. Ecologia - Teses. 4. Bentos - Teses. I. Skinner, Luis Felipe. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Centro de Tecnologia e Ciências. III. Título.

CDU: 574.587(81)

Bibliotecária Responsável: Ingrid Pinheiro/ CRB-7: 7048

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.



Assinatura

04/03/2024

Data

Paulo Cezar Azevedo da Silva

Distribuição e composição taxonômica da classe Ascidiacea em águas rasas na zona de transição do litoral brasileiro, Atlântico Sudoeste

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de Concentração: Caracterização, Diagnóstico e Evolução de Ambientes Marinhos.

Aprovado em 16 de fevereiro de 2024.

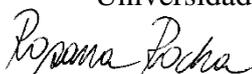
Banca examinadora:



Prof. Dr. Luis Felipe Skinner (Orientador)
Departamento de Ciências-UERJ



Prof.^a Dr.^a. Gisele Lobo Hajdu
Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ



Prof.^a Dr.^a. Rosana Moreira da Rocha
Universidade Federal do Paraná - UFPR

Rio de Janeiro

2024

DEDICATÓRIA

Àqueles que me inspiraram, às horas incansáveis e à paixão pela descoberta, dedico esta dissertação.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha sincera gratidão a todos aqueles cujo apoio e orientação foram fundamentais na realização deste trabalho.

Ao meu orientador, Luis Felipe Skinner, cujo conhecimento, orientação e incentivo foram pilares fundamentais na construção deste trabalho. Sua orientação e apoio foram imprescindíveis para o desenvolvimento desta dissertação.

Aos meus pais cujo amor incondicional e apoio constante foram a base sólida sobre a qual esta jornada acadêmica foi construída. Vocês são a fonte inesgotável de inspiração e força que me impulsionaram a alcançar cada conquista.

Aos meus afilhados, Julia e Valentim, que além de serem os amores da minha vida, são a luz que ilumina meu caminho e enche meus dias de alegria.

A minha amada família, o suporte inabalável e a fonte constante de amor e apoio. Agradeço por serem meu porto seguro.

Aos membros do laboratório de Ecologia e Dinâmica Bêntica Marinha – UERJ, Brenda, Géssica, Melanie, Danielle, Guilherme, Marcela, Mariana, Amanda e Rafaela pelo companheirismo, apoio em trabalhos de campo e por tornarem toda essa etapa mais tranquila e divertida.

A Beatriz, Rayane, Victória e ao Professor André Senna, que compartilham o laboratório e sempre estão dispostos a ajudar e tornar os dias mais alegres.

Agradeço a Professora Rosana Rocha por toda a contribuição e ensinamentos durante a realização desse trabalho e pela acolhida em seu laboratório. Agradeço também aos membros do LABIMAR, em especial Gabriela, Breno, Júlia e Jonathan pela boa recepção e ótimas conversas.

Aos meus amigos, Sophia, Amanda, Rafael e Natália que apesar de suas pesquisas serem em áreas completamente diferentes, sempre estiveram dispostos a me ouvir e apoiar.

Agradeço às Professoras Gisele Lobo, Fernanda Piedras e Gleyci Moser, parte da minha comissão de acompanhamento, que me incentivou e ajudou para que a finalização desse trabalho fosse realizada.

Agradeço ao projeto Coral Vivo e a Plataforma de Microscopia Eletrônica Rudolf Barth – FIOCRUZ, pelo apoio logístico e técnico para a realização dessa pesquisa.

À Fundação Carlos Chagas de Apoio à Pesquisa do Rio de Janeiro (FAPERJ) (Proc. # E-26 / 11.454 / 2011) pelo financiamento de parte do projeto.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Finanças 001 pelas bolsas de estudos concedidas.

Ao INEA e SISBIO (Aut. nº 057/2011, 025/2017 e 029/2019) e Estação Ecológica Tamoios (ICMBio - Aut. nº 36194) pelas licenças para coleta de material.

A todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para o sucesso deste trabalho, meu profundo agradecimento.

Aos caminhos, sonhos e a nós mesmos, a coragem de sempre se reencontrar.

Diego Vinicius

RESUMO

SILVA, Paulo Cezar Azevedo. *Distribuição e composição taxonômica da classe Ascidiacea em águas rasas em uma zona de transição do litoral brasileiro, Atlântico Sudoeste*. 2024. 81 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) – Faculdade de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

Ascídias são organismos exclusivamente marinhos, bentônicos e sésseis que podem ser encontradas em todos os litorais do mundo em formas solitárias ou coloniais. Esses organismos são considerados excelentes modelos de estudos biogeográficos por conta da sua distribuição natural limitada pela natureza de suas larvas lecitotróficas de curta duração. Este estudo investigou 20 localidades ao longo do litoral brasileiro, desde a Baía da Ilha Grande, RJ, ao Parque Marinho Recife de Fora, BA, caracterizado como Zona de Transição entre as províncias biogeográficas Tropical e Temperado Quente, conforme definido por Spalding, em 2007. Dividindo este trecho em 4 áreas (Baía da Ilha Grande, Baixada Litorânea, Espírito Santo e Sul da Bahia), foram realizadas 5 coletas em diferentes localidades. Identificamos 72 táxons, sendo 16 nativos, 24 exóticos e 17 criptogênicos (além de 15 que não foram classificadas além do nível de gênero). Além disso, foram utilizados bancos de dados públicos e de universidades, para avaliar a área de distribuição das espécies encontradas nessa zona de transição, para todo atlântico ocidental. As análises revelaram que espécies exóticas aumentam a diversidade local, mas tornam áreas com maior atividade marítima mais semelhantes entre si. Espécies nativas exibem maior similaridade na composição de espécies entre áreas contíguas. Ampliando a observação para o Atlântico Ocidental, as espécies exóticas homogeneizam as regiões, enquanto as nativas destacam a diferença entre o litoral brasileiro e o leste dos EUA. Este estudo ressalta a necessidade de compreender melhor a ecologia, fisiologia e interações das espécies de ascídias para entender sua distribuição e zonas de endemismos, assim como monitorar introduções e seus impactos nas comunidades bentônicas. Além disso, os resultados destacam a inexistência de agrupamentos distintos de espécies de ascídias dentro das biorregiões estabelecidas para o litoral brasileiro.

Palavras-chave: Invertebrados marinhos. Ecologia de bentos. Ascídias. Ecologia de distribuição. Espécies exóticas.

ABSTRACT

SILVA, Paulo Cezar Azevedo. *Distribution and taxonomic composition of the class Ascidiacea in shallow waters in a transitional zone of the Brazilian coast, Southwest Atlantic*. 2024. 81 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) – Faculdade de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

Ascidians are exclusively marine, benthic, and sessile organisms found along coastlines worldwide in solitary or colonial forms. These organisms are considered excellent models for biogeographical studies due to their naturally limited distribution caused by the short-lived nature of their lecithotrophic larvae. This study investigated 20 locations along the Brazilian coastline, from Baía da Ilha Grande, RJ, to Parque Marinho Recife de Fora, BA, characterized as a Transition Zone between the Tropical Atlantic and Warm Temperate Atlantic biogeographic provinces. Dividing this stretch into four areas, Baía da Ilha Grande, Baixada Litorânea, Espírito Santo, and Southern Bahia, five collections were conducted in different localities. We identified 72 taxa, comprising 16 native, 24 exotic, and 17 cryptogenic species, besides 15 that were only classified at the genus level. Additionally, public and university databases were used to expand the distribution area of the species found in this transition zone to the entire Western Atlantic. Analyses revealed that exotic species increase local diversity but make areas with higher maritime activity more similar. Native species exhibit greater similarity in species composition between contiguous areas. When extended to the Western Atlantic, exotic species homogenize regions, while native species highlight the difference between the Brazilian coastline and the eastern US. This study emphasizes the need for a better understanding of the ecology, physiology, and interactions of ascidian species to comprehend their distribution and zones of endemism, as well as to monitor introductions and their impacts on benthic communities. Moreover, the results underscore the absence of distinct groupings of ascidian species within the established bioregions for the Brazilian coastline.

Keywords: Marine invertebrates. Benthic ecology. Ascidians. Distribution ecology. Exotic species.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mapa da área de estudo separado por região: (a) Baía da Ilha Grande; (b) Baixada Litorânea; (c) Espírito Santo; e (d) Sul da Bahia.....	21
Figura 2	Mapa da área de estudo destacando diferentes fatores ambientais a partir das médias anuais.....	22
Figura 3	Caracterização visual de algumas das localidades presentes dentro das regiões estudadas.....	27
Figura 4	Exemplos de microscopia eletrônica de espículas calcárias e proteicas de diferentes espécies de ascídias.....	29
Figura 5	Distribuição da quantidade de espécies de ascídias por família....	33
Figura 6	Distribuição da riqueza de espécies entre as regiões: Baía da Ilha Grande (BIG), Baixada Litorânea (BL), Espírito Santo (ES) e Sul da Bahia (SBA).....	34
Figura 7	Novas ocorrências de ascídias para o litoral do Brasil.....	35
Figura 8	Gráficos com as curvas de rarefação de espécies para cada região	39
Figura 9	Comparação da riqueza de espécies por região, considerando levantamentos bibliográficos históricos e o estudo atual.....	40
Figura 10	Exemplos de novas ocorrências de diferentes espécies de ascídias no trecho do litoral estudado.....	41
Figura 11	Distribuição de espécies de ascídias conforme os status de criptogênicas, exóticas ou nativas nas regiões de estudo: SBA (Sul da Bahia); ES (Espírito Santo); BL (Baixada Litorânea; BIG (Baía da Ilha Grande).....	42
Figura 12	Distribuição das espécies coloniais e solitárias em diferentes tipos de substrato.....	43
Figura 13	Dendrograma UPGMA ilustrando a similaridade na composição total de espécies entre quatro regiões distintas, segmentadas por localidades: SBA (Sul da Bahia); ES (Espírito Santo); BL (Baixada Litorânea; BIG (Baía da Ilha Grande).....	44

Figura 14	Dendrograma UPGMA ilustrando a similaridade na composição de espécies nativas segmentadas por localidades dentro das quatro regiões: (BIG) Baía da Ilha Grande; (BL) Baixada Litorânea; (ES) Espírito Santo; e (SBA) Sul da Bahia.....	45
Figura 15	Dendrograma UPGMA da composição total das espécies (A) e da composição das espécies nativas (B), com base no índice de Jaccard, dentro das quatro regiões: (BIG) Baía da Ilha Grande; (BL) Baixada Litorânea; (ES) Espírito Santo; e (SBA) Sul da Bahia.....	47
Figura 16	Dendrograma UPGMA ilustrando a similaridade ambiental com base no índice de distância euclidiana entre as localidades das quatro regiões: (BIG) Baía da Ilha Grande; (BL) Baixada Litorânea; (ES) Espírito Santo; e (SBA) Sul da Bahia.....	48
Figura 17	Resultados da Análise de Redundância Parcial (RDA) aplicada à composição total de espécies encontradas neste estudo.....	49
Figura 18	Resultados da Análise de Redundância Parcial (RDA) aplicada à composição de espécies nativas encontradas neste estudo.....	49
Figura 19	Similaridade da composição total das 56 espécies de ascídias encontradas neste estudo, considerando suas áreas de ocorrência pro Atlântico ocidental.....	51
Figura 20	Similaridade da composição das 16 espécies nativas de ascídias encontradas neste estudo, considerando suas áreas de ocorrência pro Atlântico ocidental	52
Figura 21	Espículas calcárias de diferentes espécies de ascídias coletadas neste estudo.....	76
Figura 22	Diferentes espécies de ascídias solitárias coletadas neste estudo...	77
Figura 23	Diferentes espécies de ascídias coloniais coletadas neste estudo...	78
Figura 24	Espécies de ascídias Didemnidae coletadas nesse estudo.....	79
Figura 25	Riqueza total e de espécies nativas de ascídias separadas nas quatro regiões: BIG (Baía da Ilha Grande); BL (Baixada Litorânea); ES (Espírito Santo); SBA (Sul da Bahia), destacando áreas de modificação de hábitat.....	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Lista das Regiões e suas respectivas localidades identificadas por uma numeração correspondente e suas coordenadas geográficas.....	20
Tabela 2	Variáveis ambientais baixadas dos bancos de dados da Marspec e Bio-Oracle. (* = variáveis escolhidas para as análises estatísticas)	32
Tabela 3	Lista das espécies encontradas na zona de transição biogeográfica neste estudo, categorizadas por região e localidade.	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BA	Bahia
BIG	Baía da Ilha Grande
BL	Baixada Litorânea
CCA	Análise de Componentes principais
ES	Espírito Santo
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
PMRF	Parque Marinho Recife de Fora
pRDA	Análise de Redundância Parcial
RJ	Rio de Janeiro
SBA	Sul da Bahia
SP	São Paulo
ZTB	Zona de Transição Biogeográfica

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	15
1	OBJETIVO	18
1.1	Geral	18
1.2	Específicos	18
2	MATERIAIS E MÉTODOS	18
2.1	Área de estudo	18
2.1.1	<u>Região da Baía da Ilha Grande</u>	23
2.1.2	<u>Região da Baixada Litorânea</u>	23
2.1.3	<u>Região do Espírito Santo</u>	24
2.1.4	<u>Região do Sul da Bahia</u>	25
2.2	Procedimentos de Coletas.....	25
2.3	Dissecção e identificação.....	28
2.4	Obtenção e Análise de Dados.....	30
3	RESULTADOS	33
3.1	Similaridade Faunística de ascídias entre as regiões.....	44
3.2	Análise de Redundância parcial e similaridade ambiental.....	47
4	DISCUSSÃO	53
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
	REFERÊNCIAS	61
	APÊNDICE	76

INTRODUÇÃO

As ascídias, organismos filtradores exclusivamente marinhos, possuem registros fósseis com mais de 500 milhões de anos, distribuem-se globalmente nos diversos ecossistemas bentônicos nos mares tropicais, temperados e polares (LAMBERT, 2003; NANGLU *et al.*, 2023), totalizando 3.068 espécies conhecidas, com 136 delas presentes em águas brasileiras (SHENKAR *et al.*, 2023; ROCHA *et al.*, 2023 no prelo). Sua natureza sésil na fase adulta e a breve duração da fase larval lecitotrófica limitam sua dispersão e colonização de novas áreas em alguns metros a poucos quilômetros do ponto de liberação, restringindo o fluxo gênico entre as populações espacialmente distantes, o que torna as ascídias excelentes modelos para estudos biogeográficos (KOTT, 1974; LAMBERT, 2005; ZHANG *et al.*, 2020). Surpreendentemente, apesar dessas características que as tornam bons indicadores de limites espaciais, nenhuma proposta de criação ou estabelecimento de província biogeográfica no Brasil incluiu as ascídias (MORENO, FARIAS & ROCHA, 2014).

Até o momento, houve poucas investigações sobre a biogeografia das ascídias nas regiões do Atlântico. Naranjo *et al.* (1998) foram os pioneiros na tentativa de compreender os padrões de distribuição da Classe Ascidiacea em regiões do Atlântico e Mediterrâneo, apesar de sua listagem e dados disponíveis naquela época serem incompletos, especialmente em relação às espécies do Caribe e do Brasil (MORENO, FARIAS & ROCHA, 2014). Um estudo mais recente conduzido por Moreno, Farias & Rocha (2014) abordou aspectos semelhantes, explorando a história evolutiva e a biologia reprodutiva desses organismos. Esses autores observaram que a distribuição da classe Ascidiacea geralmente corresponde às subdivisões propostas para regiões e províncias biogeográficas no Oceano Atlântico e Mar Mediterrâneo, ainda que estas não se alinhem à maioria das subdivisões dessas áreas em ecorregiões em relação a distribuição desses organismos.

A margem do litoral brasileiro é caracterizada por uma série de acidentes geográficos importantes. Dentre estes, a Baía da Ilha Grande, considerada parte do patrimônio mundial pela UNESCO em 2019, e a Baía de Todos os Santos (BA), representam duas das maiores enseadas do Brasil (LEÃO & DOMINGUEZ 2000; VIEIRA *et al.*, 2021). Entre estas baías, os rios Jequitinhonha-Belmonte (BA), Rio Doce (ES) e o Delta do Paraíba do Sul (RJ) podem funcionar barreiras geográfica para espécies marinhas

costeiras, principalmente aquelas que têm pouca capacidade de dispersão e baixa tolerância a variações de salinidade e temperatura (MÜEHE, 2011; HENRIQUES *et al.*, 2017).

As áreas que compartilham características oceanográficas, geomorfológicas, climáticas, biológicas e ecológicas semelhantes são consideradas províncias biogeográficas (FREDSTON-HERMANN *et al.*, 2018). Essas áreas são definidas com base na distribuição de espécies e ecossistemas e são usadas como uma ferramenta para a gestão e conservação da biodiversidade (WOOLLEY *et al.*, 2020; SÁ-DECHOUM *et al.*, 2021). A proposta de províncias biogeográficas feita por Spalding *et al.* (2007) define critérios como temperatura da água do mar, circulação oceânica, presença de barreiras físicas e distribuição de espécies marinhas para classificar 12 domínios, 62 províncias e 232 ecorregiões marinhas em todo o mundo. No contexto da costa brasileira, essa classificação divide a região costeira em dois domínios: Atlântico Tropical e América do Sul Temperada, que por sua vez foram subdivididos em três províncias de norte a sul. A Plataforma Norte do Brasil abrange os estados do Amapá, Pará, Maranhão e parte do Ceará; a Província Atlântico Sul-Occidental Tropical estende-se até aproximadamente a área de ressurgência de Cabo Frio, no estado do Rio de Janeiro; e a Província Atlântico Sul-Occidental Temperado Quente tem seu limite sul na Península de Valdéz (Argentina). Essas províncias representam áreas com composição de espécies relativamente homogêneas entre si e distintas em relação aos sistemas adjacentes, conforme indicam estudos recentes (BISSOLI & BERNARDINO, 2018; HUGUENIN *et al.*, 2018; MANTELATTO *et al.*, 2018).

Entre as regiões biogeográficas, encontram-se as zonas de transição biogeográfica (ZTB), que são áreas de sobreposição biótica que permitem a coexistência de espécies que normalmente habitam regiões diferentes (MORRONE, 2004; FERRO & MORRONE, 2014). As ZTB marinhas são frequentemente encontradas em áreas onde as condições oceanográficas criam gradientes ambientais moderados, com condições intermediárias entre as províncias biogeográficas adjacentes (SAGARIN & GAINES, 2002). Para muitas espécies, essas zonas representam os limites de sua distribuição, onde as condições abióticas atingem os extremos de sua tolerância ambiental (DAWSON, 2001; COSTA *et al.*, 2014). Diversos estudos ao redor do mundo utilizam as ZTB marinhas para discutir a origem, distribuição e padrões de diversidade de ascídias, como Ma *et al.* (2017) no leste do Canadá e Primo & Vazquez (2004) na África Austral. No Brasil, estudos nas zonas de transição entre o Tropical e o Temperado Quente já foram realizados para outros grupos de

organismos, como macroalgas (HORTA *et al.*, 2001) e peixes recifais (FLOETER *et al.*, 2018). Abordagens multitaxa recentes também apontam para uma grande biodiversidade existente na ZTB Tropical e Temperada Quente situada entre o Sul da Bahia e o Rio de Janeiro, englobando principalmente o Estado do Espírito Santo (AUED *et al.*, 2018; CORD *et al.*, 2022).

Nesse contexto, as mudanças na distribuição de espécies, influenciadas tanto pelas alterações climáticas quanto pela introdução de espécies exóticas, frequentemente resultam em transformações nas comunidades marinhas de áreas costeiras (BIRCHENOUGH *et al.*, 2015; ZHANG *et al.*, 2020). Apesar disso, os ambientes marinhos estão frequentemente ameaçados pela entrada de espécies exóticas, que naturalmente podem possuir alta tolerância a fatores ambientais, podendo se dispersar de forma não natural para diversos ambientes e, conseqüentemente, causar impactos (LAMBERT, 2006; ZHAN *et al.*, 2015).

A identificação, história de introdução e distribuição geográfica de espécies exóticas, incluindo as ascídias, fornecem informações valiosas para a gestão, mitigação e preservação ambiental. No entanto, existe uma crescente necessidade de compreender melhor as espécies nativas e seus padrões de distribuição (MAGRIS *et al.*, 2021; MELO *et al.*, 2021). A obtenção de registros precisos da diversidade local e da distribuição de espécies, sejam elas nativas ou exóticas, pode ser desafiadora devido às condições ambientais da região. Esses desafios podem ser agravados pela falta de séries temporais de coleta ou até mesmo pela ausência de informações, especialmente em litorais com extensas linhas costeiras, como o do Brasil (LONGO & AMADO-FILHO, 2014; AUED *et al.*, 2018). As lacunas de informações sobre a distribuição de organismos marinhos, em meio às rápidas mudanças ambientais, tornam ainda mais complexa a compreensão dos padrões de biodiversidade e o manejo costeiro.

Este estudo tem como propósito avaliar a composição taxonômica e distribuição das ascídias na zona de transição entre as províncias Atlântico Sul Tropical e Temperado Quente. Hipotetizamos que a presença de espécies exóticas nas comunidades de ascídias aumenta a diversidade local, mas promove a homogeneização das áreas com maior atividade marítima, enquanto as espécies nativas tendem a exibir padrões de similaridade mais marcantes entre áreas contíguas ao longo do litoral brasileiro. Além disso, buscamos fornecer informações valiosas sobre a distribuição e identificação das ascídias nesse trecho do litoral brasileiro, explorando algumas áreas pouco conhecidas em relação à fauna de Ascidiacea, como o sul da Bahia e o nordeste do litoral do RJ.

1 OBJETIVOS

1.1 Geral:

- Avaliar a composição taxonômica e distribuição das ascídias na zona de transição entre as províncias Atlântico Sul Tropical e Temperado Quente.

1.2 Específicos:

- a) Identificar as espécies de ascídias presentes na área de transição e comparar a composição taxonômica das espécies entre as regiões estabelecidas;
- b) Avaliar a distribuição espacial das espécies de ascídias nos diferentes ambientes costeiros, considerando fatores como temperatura da água, salinidade, turbidez e velocidade da corrente;
- c) Identificar e avaliar a presença e a distribuição de espécies exóticas de ascídias ao longo do trecho central-sul do litoral brasileiro, especialmente na área de transição entre o temperado quente e o tropical, reportando novas ocorrências para o litoral em área pouco estudadas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudos

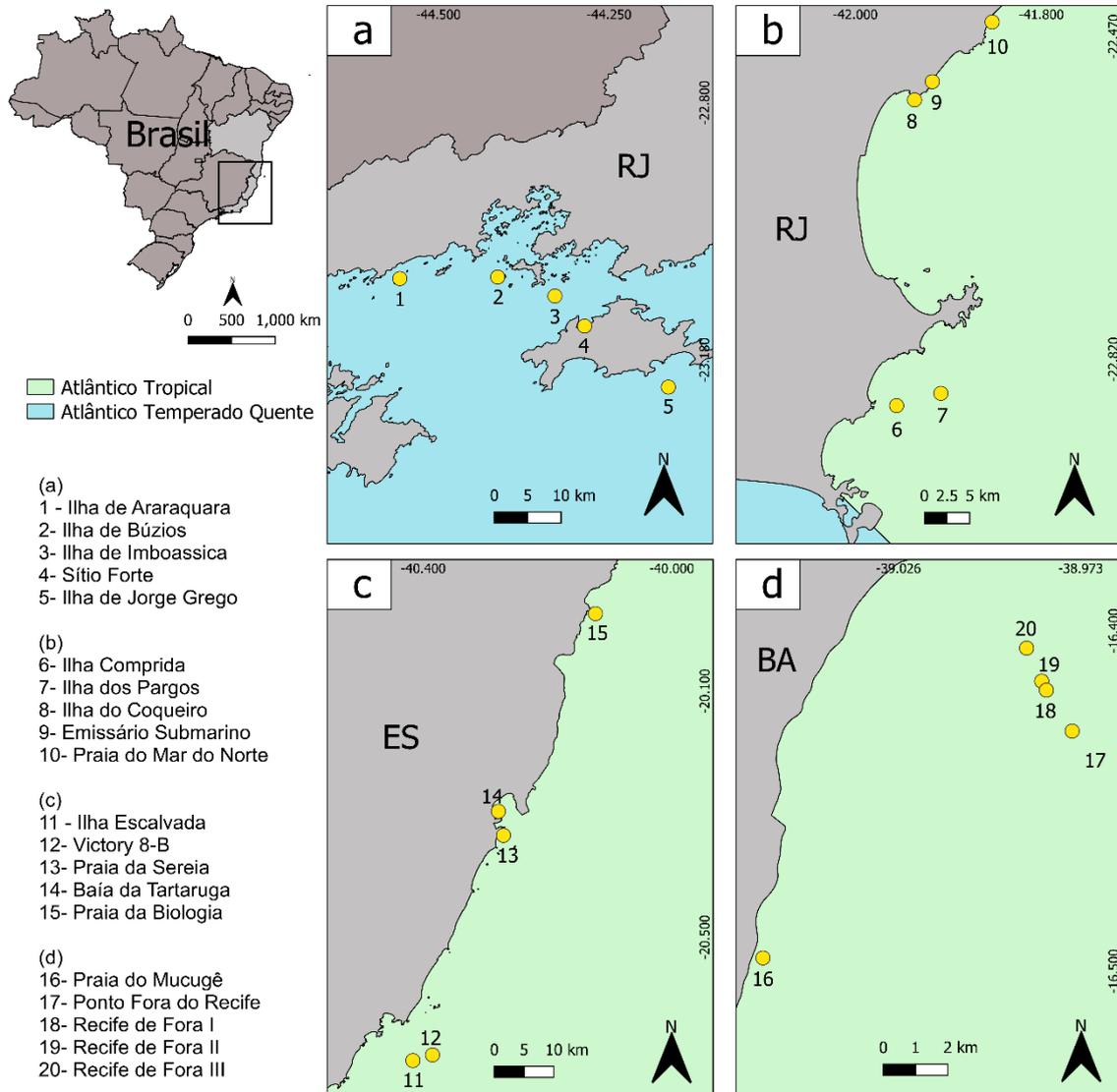
Este estudo abrangeu 20 localidades em uma extensão de costa de aproximadamente 1435 km, desde a Baía da Ilha Grande (Angra dos Reis), que marca o limite entre o RJ e São Paulo (aproximadamente 23°S), até o Recife de Fora – Arraial da Ajuda, localizado ao sul da BA (aproximadamente 14°S) (Tabela 1). Esta região pode ser caracterizada como uma zona de transição entre o temperado quente, onde se encontra o litoral oeste do RJ (Baía da Ilha Grande, e o Atlântico tropical, que se inicia no leste do RJ em Arraial do Cabo e engloba três regiões no presente estudo (Baixada litorânea, Espírito Santo e Sul da Bahia). Essa é uma região costeira de grande importância ecológica e biogeográfica no litoral brasileiro (SPALDING *et al.*, 2007; HORTA *et al.*, 2020). Esse trecho apresenta uma combinação única de elementos bióticos e abióticos, como a influência de correntes oceânicas quentes e frias como a Corrente do Brasil e a Ressurgência do Cabo Frio, as variações de temperatura, a turbidez da água (Figura 2) e a presença de habitats como recifes de corais e áreas estuarinas (HORTA *et al.*, 2020; CORD *et al.*, 2022). No presente estudo, esse trecho do litoral foi dividido em quatro grandes áreas que apresentam características distintas, como abundância e ausência de substrato rochoso e presença de áreas de recife de coral, e que foram usadas para comparar a transição da composição taxonômica da classe Ascidiacea (Figura 1).

Tabela 1 - Lista das Regiões e suas respectivas localidades identificadas por uma numeração correspondente e suas coordenadas geográficas.

Região	Localidade	ID#	Coordenada GPS
Baía da Ilha Grande	Ilha de Araraquara	1	23°03'35.0"S 44°33'23.0"W
	Ilha de Búzios	2	23°03'27.0"S 44°24'47.3"W
	Ilha de Imboassica	3	23°05'07.8"S 44°19'45.5"W
	Sítio Forte	4	23°07'47.6"S 44°17'08.9"W
	Ilha de Jorge Grego	5	23°13'12.2"S 44°09'47.5"W
Baixada Litorânea	Ilha Cumprida	6	22°52'12.5"S 41°57'20.0"W
	Ilha dos Pargos	7	22°51'24.7"S 41°54'28.6"W
	Ilha dos Coqueiros	8	22°32'19.4"S 41°56'10.5"W
	Emissário Submarino	9	22°31'08.0"S 41°55'01.6"W
	Praia do Mar do Norte	10	22°27'15.3"S 41°51'10.2"W
Espírito Santo	Ilha Escalvada	11	20°42'00.7"S 40°25'00.1"W
	Naufrágio Victory 8-B	12	20°41'27.8"S 40°23'06.5"W
	Praia da Sereia	13	20°20'03.2"S 40°16'15.2"W
	Baía das Tartarugas	14	20°18'12.9"S 40°17'11.1"W
	Praia da Biologia	15	19°58'23.1"S 40°08'15.7"W
Sul da Bahia	Praia do Mucugê	16	16°29'45.0"S 39°04'07.4"W
	Ponta Fora do Recife	17	16°25'55.1"S 38°58'07.5"W
	Recife de Fora I	18	16°25'02.7"S 38°58'58.7"W
	Recife de Fora II	19	16°24'53.1"S 38°59'03.6"W
	Recife de Fora III	20	16°24'18.2"S 38°59'19.4"W

Fonte: O autor, 2024.

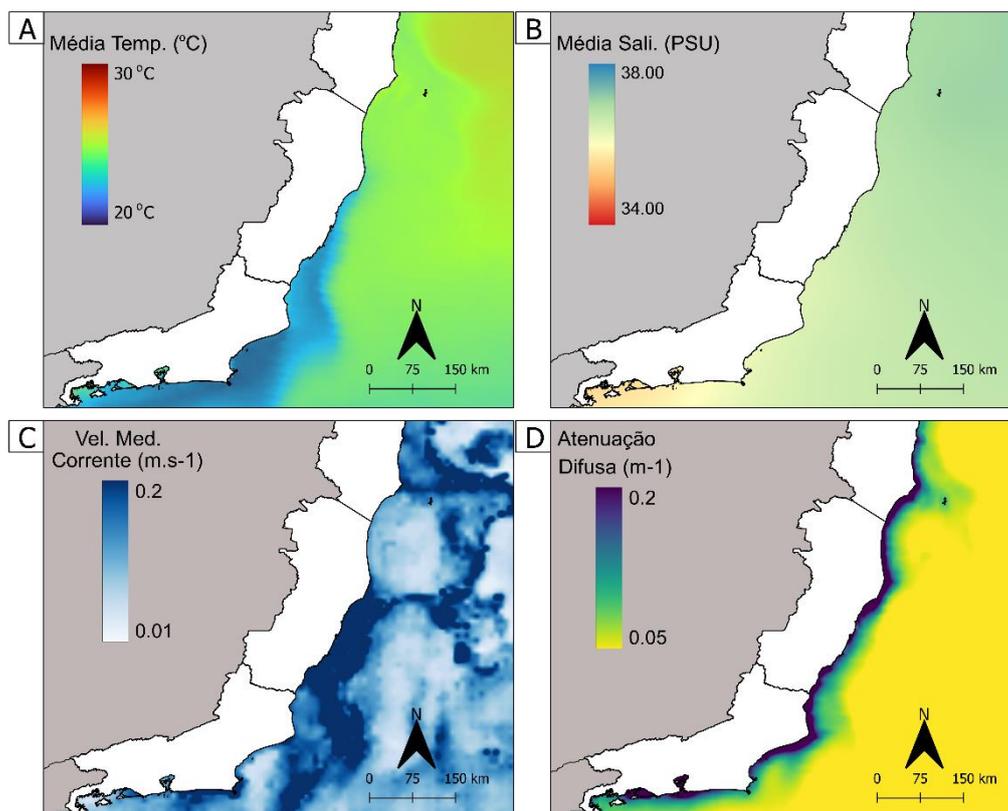
Figura 1 – Mapa da área de estudo separado por região: (a) Baía da Ilha Grande; (b) Baixada Litorânea; (c) Espírito Santo; e (d) Sul da Bahia.



Legenda: A coloração verde e azul ao fundo corresponde a regiões inseridas dentro da Províncias biogeográficas proposta por Spalding *et al.* (2007), Atlântico Tropical e Atlântico Temperado Quente, respectivamente.

Fonte: O autor, 2024.

Figura 2 – Mapa da área de estudo destacando diferentes fatores ambientais a partir das médias anuais.



Legenda: (A) Média anual de temperatura em graus Célsius (°C); (B) Média anual de salinidade em unidade de salinidade prática (PSU), ambas variáveis disponíveis no banco de dados da Marsperc; (C) e (D) correspondem as médias anuais de velocidade da corrente e atenuação difusa, respectivamente, obtidas a partir do banco de dados da Bio-Oracle.

Fonte: O autor, 2024.

2.1.1 Região da Baía da Ilha Grande

A região da Baía da Ilha Grande (BIG) fica localizada no sudoeste do RJ, sendo considerada um *hot-spot* pela sua elevada riqueza de fauna e flora (CREED *et al.*, 2007; SKINNER *et al.*, 2016). Essa baía é composta por diversos ambientes distintos como baías menores, manguezais, costões rochosos, lajes, ilhas, praias, áreas expostas e abrigadas (FIGUEIREDO & TÂMEGA, 2007). A BIG possui águas calmas devido às barreiras naturais, como a própria Ilha Grande, e possui uma abundância de substrato rochoso, por conta do contato direto do mar com as montanhas que compõem parte da Serra do Mar (KJERFVE *et al.*, 2021). O clima é considerado tropical úmido com taxas médias anuais de chuvas variando de 800 a 2.100 mm (COE *et al.*, 2007, INEA 2015). Essa região também é considerada como um local de intensa atividade turística devido à sua beleza natural, o que influencia no excesso de atividades portuárias e náuticas, que afeta diretamente na entrada de espécies exóticas (CREED *et al.*, 2007; IGNÁCIO *et al.*, 2010; SKINNER *et al.*, 2016; BARBOZA & SKINNER 2021; BARBOZA, 2023). Nessa região, as coletas ocorreram em substratos naturais de ilhas costeiras, como Araraquara (Figura 3.A), Ilha de Brandão (Figura 3.B), Ilha de Imboassica, Sítio Forte (face da Ilha Grande voltada para o continente) e em substrato artificial, em um naufrágio localizado na Ilha de Jorge Grego (Figura 3.C).

2.1.2 Região da Baixada Litorânea

A Baixada litorânea está localizada na região leste a nordeste do estado do Rio de Janeiro, onde os pontos escolhidos para as coletas foram: a Ilha dos Pargos (Figura 3.D) e a Ilha Cumprida, localizadas em Cabo Frio, e a Ilha do Coqueiro, o Emissário Submarino (Figura 3.E), e a Praia do Mar do Norte (Figura 3.F), localizadas em Rio das Ostras. A partir de Cabo Frio, a linha de costa passa de um alinhamento que vai da orientação leste-oeste para uma orientação geral que vai do Norte-Nordeste para o Sul-Sudoeste (FERNANDEZ *et al.*, 2006). O clima nessa região reflete uma variação do clima Semi-Árido Quente, apresentando baixos índices pluviométricos (BARBIERI, 1984;

BARBIERI, 1999). Essa mudança brusca na orientação da linha de costa somada ao encontro de duas grandes massas de água (Corrente do Brasil e Corrente das Malvinas), características batimétricas e constantes ventos nordeste, fazem com que essa região apresente uma intensa ressurgência sazonal, com as Águas Centrais do Atlântico Sul (ACAS) enriquecendo o mar e permitindo alta produtividade (VALENTIN, 2001; SKINNER *et al.*, 2011; COE & CARVALHO, 2013). Além disso, a porção Norte da região é caracterizada pelo aporte de sedimentos finos provenientes de rios, como o Rio São João e o Delta do Paraíba do Sul (FERNANDEZ & MUEHE, 1998). O trecho entre Barra de São João e Rio das Ostras apresenta praias com areia grossa, e a região possui um estágio praiial reflexivo, reflexo da forte exposição às ondas (MUEHE *et al.*, 2011).

2.1.3 Região do Espírito Santo

O Estado do Espírito Santo (ES) está situado na Região Sudeste do Brasil, entre os estados do Rio de Janeiro e da Bahia. A região encontra-se em zona caracterizada por chuvas tropicais de verão, com estação seca durante o outono e inverno, com ventos de maior frequência e maior intensidade provenientes dos quadrantes Nordeste-Leste-Nordeste e Sudeste (ALBINO *et al.*, 2006). Os primeiros estão associados aos ventos alísios, que sopram durante a maior parte do ano, enquanto os de SE estão relacionados às frentes frias que chegam periodicamente à costa do ES (MACHADO, 2001). O litoral Nordeste do estado, que se estende do sul do estado da Bahia a Vitória, corresponde aos maiores graus de desenvolvimento das planícies costeiras, associadas às inúmeras desembocaduras fluviais, sendo a planície costeiras mais extensa localizadas nas adjacências do rio Doce devido ao volumoso aporte sedimentar (COELHO *et al.*, 2012). Além disso, esse trecho do litoral conta com a presença de bancos de algas calcárias como um importante fator responsável pela diversidade de micro habitats de grande complexidade de estrutural e ecológica, similar a recifes de corais, sustentando uma grande biodiversidade de organismos bentônicos e peixes recifais (MIGOTTO *et al.*, 1998; FLOERTER & GASPARINI, 2000). As localidades de coleta realizadas nessa região do litoral brasileiro foram o naufrágio Victory 8B (Figura 3.G) e a Ilha Escalvada (Figura 3.H), localizados no município de Guarapari, a aproximadamente 10 km de distância da

costa. A praia da Sereia e Baía da Tartaruga foram mais dois pontos de coleta, de águas rasas e situadas próximos a grandes terminais marítimos. Por fim, a praia da Biologia, a cerca de 43km de distância do centro da cidade de Vitória, sendo pouco frequentada, mesmo em alta temporada e com abundância de seixos, matacões e blocos rochosos submersos (Figura 3.I).

2.1.4 Região do Sul da Bahia

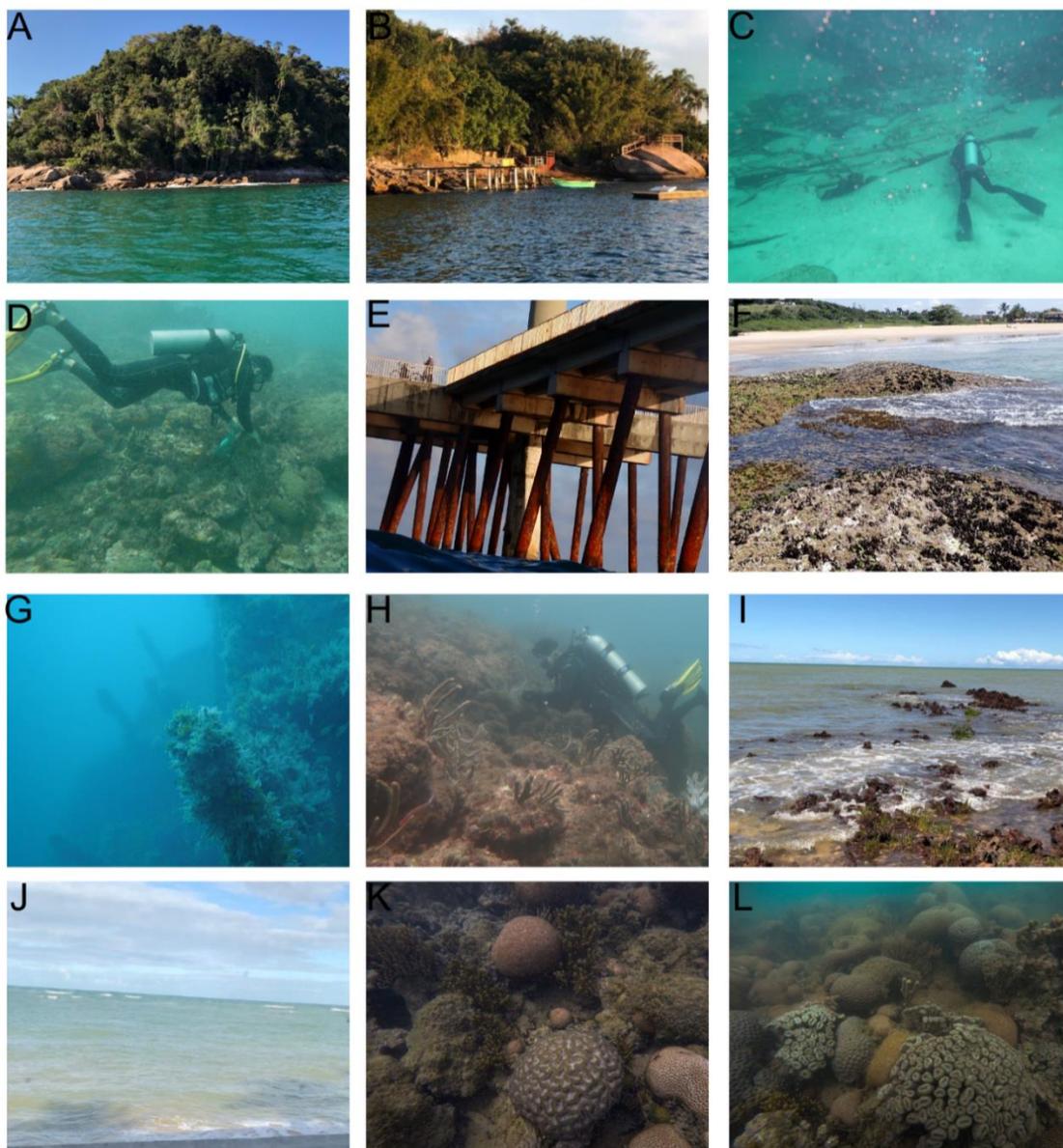
O Sul da Bahia apresenta uma constituição de ecossistemas marinhos de elevada produtividade biológica, como manguezais, praias de grandes extensões e recifes de corais, como Abrolhos e o Parque Marinho de Recife de Fora (PMRF) (ANDRADE & DOMINGUEZ, 2002). O substrato rochoso desse trecho do litoral é constituído por granitoides, bem como por rochas que são resultado de processos derivados do granito e rochas que não passaram por esses processos, chamadas de ortoderivadas (NOCE, *et al.*, 2007). Além disso, o clima regional é super úmido, com predomínio de chuvas nos meses de outono e inverno austral, sendo mais elevadas junto ao litoral, com precipitações entre 1.400 e 1.800 mm (DANTAS *et al.*, 2002). A porção abrigada do PMRF, onde ocorreram a maior parte das coletas nessa região, apresenta sedimentos finos, ricos em argila e silte, sendo um ambiente de baixa energia deposicional que prevalece na região, por se tratar de uma área abrigada da ação de ondas e por sofrer influência da pluma de sedimentação fluvial do rio Buranhém (ARANTES & SEOANE, 2017). Nesse trecho do litoral, as coletas ocorreram no município de Porto Seguro, sendo uma coleta realizada na Praia do Mucugê em águas rasas entre 1 e 0,5 metros de profundidade em seixos submersos móveis (Figura 3.J), sendo três coletas na face abrigada do PMRF e uma coleta em uma porção externa do PMRF (Figuras 3.K e 3.L).

2.2 Procedimentos de Coletas

As coletas ocorreram ao longo dos anos de 2022 e 2023, sendo todas as coletas da região 1 (BIG) feitas entre 5 de julho e 19 de outubro de 2022. Parte das localidades da região 2 (BL) (Ilha dos Pargos e Ilha Cumprida) ocorreram no dia 13 em abril de 2022 e o restante das coletas ocorreram nos dias 13 e 14 de março de 2023. As coletas da região 3 (ES) ocorreram entre os dias 18 e 23 de março de 2023. Por fim, as coletas da região 4 (SBA) ocorreram entre os dias 26 e 29 de julho de 2022. Em todas as coletas realizadas no ano de 2022 foi utilizado equipamento SCUBA (*Self Contained Underwater Breathing Apparatus*), em mergulhos realizados a partir de embarcação, com exceção da praia do Mucugê na Região 4, devido à baixa profundidade e proximidade da Costa. Já as coletas de 2023, três foram realizadas com auxílio de equipamento SCUBA (Praia da Sereia, Ilha Escalvada e Naufrágio Victory-8B), sendo os mergulhos realizados nas duas últimas localidades feitos a partir de embarcação. O restante das coletas, devido à baixa profundidade das localidades, foi feito a opção por realizá-las apenas na apneia. Os mergulhos de cilindro duraram em média 40-60 minutos, enquanto as coletas feitas em apneia duraram em média 90 a 120 minutos, essas medidas foram tomadas para mitigar o efeito do esforço de coleta entre essas duas metodologias.

Antes dos organismos serem removidos do substrato foram anotadas informações a respeito das características dos organismos vivos, assim como grande parte dos espécimes foram fotografados in loco com auxílio de câmeras subaquáticas (Olympus Tough Tg-6). Após as coletas, os espécimes foram acomodados em sacos plásticos estéreis devidamente identificados e contendo água do mar para a posterior anestesia em mentol diluído em álcool 70%. Após a anestesia, os animais foram transferidos para potes de plásticos devidamente etiquetados, nos quais foram fixados em álcool 98%.

Figura 3 – Caracterização visual de algumas das localidades presentes dentro das regiões estudadas.



Legenda: Baía da Ilha Grande: (A) Ilha de Araraquara, (B) Ilha de Brandão e (C) Naufrágio na Ilha de Jorge Grego; Baixada Litorânea: (D) Ilha dos Pargos, (E) Emissário Submarino e (F) Praia do Mar do Norte; Litoral do Espírito Santo: (G) Naufrágio Victory 8-B, (H) Ilha Escalvada e (I) Praia da Biologia; Sul da Bahia (J) Praia do Mucugê, (K) e (L) Parque Marinho Recife de Fora.

Fonte: O autor, 2024.

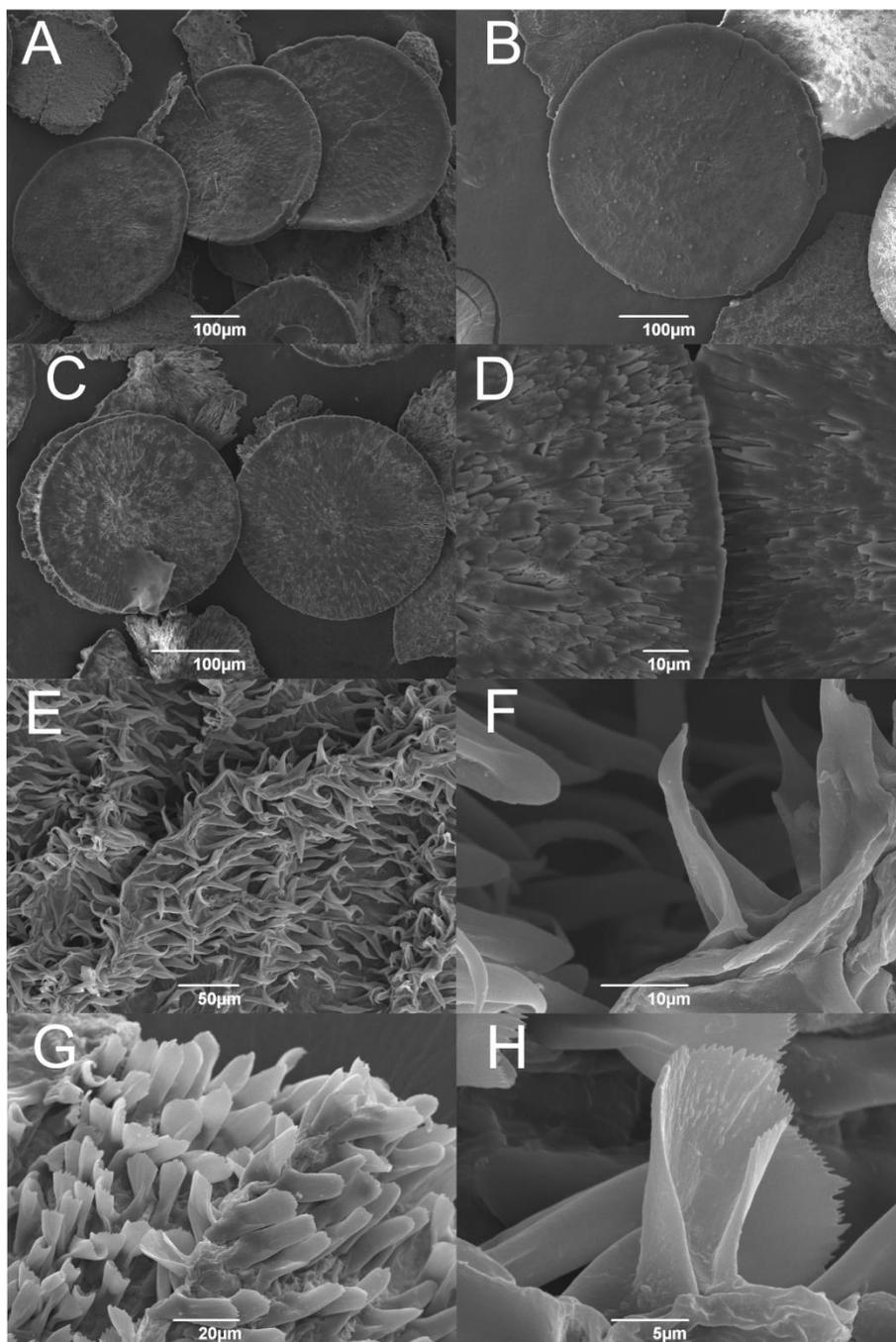
2.3 Dissecção e identificação

No laboratório, os organismos foram hidratados entre 5-24 horas em água destilada e dissecados com auxílio de material de microcirurgia, como pinças e tesouras. Os espécimes foram corados com Hematoxilina de Harris ou Azul de Metileno e analisados em microscópio estereoscópico e em microscópio óptico. A identificação foi realizada com base em chaves taxonômicas para famílias e gêneros de ascídias do Atlântico (ROCHA *et al.*, 2012). As identificações em nível de espécie foram feitas a partir de comparações com descrições da literatura, abrangendo o Brasil, Atlântico e se necessário o Pacífico. Além disso, para a identificação a nível de espécies dos organismos, dissertações de mestrado e teses de doutorado orientadas por taxonomistas reconhecidos no grupo foram consultadas, algumas das quais conduzidas na mesma região ou áreas próximas ao estudo em questão, como LOTUFO (2002), GAMBA (2013) e OLIVEIRA (2014).

Nos espécimes coloniais que tem espículas calcárias, como os que pertencem à família Didemnidae, foi realizado um procedimento de remoção de espícula a partir da queima e “dissolução” do material em hipoclorito de Sódio (NaClO) por 24 horas em tubos de 5 mL de volume (LOCKE & CARMAN, 2009). As espículas foram observadas sob microscópio óptico e as amostras foram agrupadas por semelhança e localidade. Após essa etapa, foram separadas espécies coloniais de mais fácil identificação, como *Didemnum perlucidum*, *Didemnum rodriguesi*, *Didemnum ligulum*, *Trididemnum orbiculatum*, *Leptoclinides latus*, entre outras. O restante do material residual passou por 5 ciclos de lavagem em água destilada, sendo que na última lavagem foram adicionadas 3 gotas de água oxigenada volume 10 para a neutralização do NaClO. Por fim, o material passou por mais 2 ciclos de lavagem em álcool 70% e as amostras foram mantidas reservadas em álcool 98%. Essas etapas foram necessárias para realização da microscopia eletrônica de varredura (MEV), que permitiu a melhor diagnose das espículas calcárias das colônias, que junto com outras características morfológicas, se fez necessário para identificação ou separação em morfotipos dos espécimes (Figuras 4. A-H; ver Apêndice, Figura 21). A MEV foi realizada na Plataforma de Microscopia eletrônica Rudolf Barth, no Instituto Oswaldo Cruz, onde os materiais de 30 espécimes foram pré-selecionados, colocados em *stubs* de alumínio de 10 mm, presos por uma fita de carbono, onde passaram pelo processo de metalização em ouro antes de passarem pelo processo de MEV. Por fim, as amostras

identificadas foram devidamente etiquetadas e tombadas na coleção zoológica da Faculdade de Formação de Professores.

Figura 4 – Exemplos de microscopia eletrônica de espículas calcárias e proteicas de diferentes espécies de ascídias.



Legenda: (A – B) *Cystodytes dellechiajei* (Della Valle, 1877); (C – D) *Cystodites* sp.; (E – F) *Microcosmus exasperatus* Heller, 1878; (G – H); *Microcosmus squamiger* Michaelsen, 1927.
Fonte: O autor, 2024.

2.4 Obtenção e Análise de Dados

As variáveis ambientais utilizadas neste estudo foram obtidas em dois diferentes bancos de dados públicos: Bio-ORACLE (*Oceans Rasters for Analysis of Climate and Environment*) (TYBERGHEIN *et al.*, 2012; ASSIS *et al.*, 2018), que fornece dados globais com resolução de 9 km de célula por grade (5 minutos de arco), e MARSPEC (*Ocean Climate Layers from Marine Spatial Ecology*) (SBROCCO & BARBER, 2013), que possui dados globais com resolução de 1 km (30 segundos de arco). Esses dados são fornecidos no sistema de coordenadas geográficas WGS 1984 para todo o oceano global, que permite a extração de informações importantes dos ambientes marinhos. Os dados foram adquiridos a partir de camadas *raster* oceânicas que descrevem principalmente um conjunto de dados globais geofísicos, bióticos e climáticos para análise do clima e do ambiente (ASSIS *et al.*, 2018), e extraídos a partir da ferramenta *Sampling Toll* disponibilizada dentro do Software de georreferenciamento QGIS 3.26.3, o mesmo utilizado para a construção dos mapas apresentados neste estudo.

Foi feita uma análise exploratória realizada com base nas 16 variáveis ambientais (Tabela 2) disponíveis nos bancos de dados públicos, selecionadas a partir de padrões já discutidos previamente para organismos marinhos bentônicos e/ou membros da classe Ascidiacea (LINS *et al.*, 2018; ZHANG *et al.*, 2015). Destas análises exploratórias, foram escolhidas oito variáveis ambientais para as Análise de Redundância parcial (RPAP): média da temperatura do mês mais quente, variação anual de temperatura na superfície do mar, salinidade mínima, variação anual da salinidade na superfície do mar. Além dessas, foram selecionados dados de atenuação difusa da superfície do mar, que se referem à medida da redução na intensidade da luz à medida que ela penetra na superfície do mar e se dispersa ou é espalhada. Essa variável é influenciada por vários fatores, incluindo a turbidez da água, a quantidade de matéria orgânica em suspensão, a concentração de partículas minerais e a presença de algas e fitoplâncton (RICHARDS, 1998). Também incorporamos dados de velocidade da corrente máxima (fornecida pelo Bio-ORACLE), batimetria e a distância até a costa mais próxima (disponibilizada pelo MARSPEC) como indicadores do ambiente físico que influencia os processos de entrada, conexão e dispersão de espécies e nutrientes (VICTORERO *et al.*, 2023).

No software Primer 6, o conjunto total de variáveis ambientais foi padronizado, resultando em variáveis com média igual a zero e desvio padrão igual a um. Realizamos uma análise de correlação de Pearson de todas as variáveis par-a-par para evitar o uso de variáveis correlacionadas, sendo que utilizamos apenas uma das variáveis nas análises nos casos de alta correlação (valores superiores a 0,70) (VICTORERO *et al.*, 2023). Também foi feita uma Análise de Componentes Principais (ACP), utilizada para reduzir a multicolinearidade das variáveis ambientais. A partir disso, foram gerados gráficos de nMDS (*Non-metric Multidimensional Scaling*), uma técnica de análise multivariada usada para visualizar e reduzir a dimensionalidade de dados de similaridade ou dissimilaridade entre objetos. Nesse software também utilizamos matrizes de ocorrência e de presença/ausência de espécies para conduzir análises de similaridade da composição taxonômica das espécies. O índice de Jaccard foi empregado para medir a similaridade entre as amostras (POULIN, 2003; HADIYANTO *et al.*, 2021). Também foi realizado o teste de Qui-Quadrado de Pearson foi aplicado à tabela de contingência, que apresentava as frequências das formas coloniais e solitárias em substratos rochosos, coralíneos e artificiais ($\chi^2 = 26,8$; $p < 0,001$; 2 graus de liberdade), técnica estatística usada para avaliar se existe uma relação significativa entre duas variáveis categóricas, como por exemplo as formas corporais das ascídias (coloniais ou sociais) em relação a diferentes tipos de substratos nas quais os espécimes foram coletados.

No software Rstudio foi realizada a Análise de Redundância Parcial (RDA parcial). Utilizamos a matriz de presença/ausência das espécies como variável resposta e as variáveis ambientais (ambiente), juntamente com as coordenadas de coleta das espécies (espaço), como variáveis explicativas. Para avaliar a significância estatística do efeito das variáveis explicativas, realizamos análises de variância (ANOVA) individualmente para cada variável explicativa (999 repetições) e Análise de Correlação Canônica (CCA) para a combinação do efeito das variáveis explicativas (999 repetições) (TER BRAAK, 1998; SEGOVIA *et al.*, 2020; CHEN *et al.*, 2021). Essas análises foram realizadas tanto considerando a matriz completa de espécies como a matriz das espécies consideradas nativas dentro da área de estudo, permitindo-nos discutir como a composição taxonômica geral e das espécies nativas varia ao longo da zona de transição. Para a realização dessa análise foram utilizados os pacotes “Vegan” (OKSANEN *et al.*, 2022) e “Adespatia” (GUÉNARD & LEGENDRE, 2022). Além disso, foi feita análise mais abrangente da ocorrência das espécies que foram coletadas nesse estudo a partir da literatura publicada,

listas de coleções tombadas em universidades e bancos de dados de biodiversidade online, como “Global Biodiversity Information Facility” (GBIF). Dessa forma foi possível avaliar em larga escala a distribuição faunística das espécies de ascídias encontradas neste presente estudo, sendo que os registros de ocorrência foram mapeados segundo uma grade de $0,50^\circ \times 0,50^\circ$ (LAFFAN *et al.*, 2010). A composição das espécies destas quadriculas foi comparada utilizando a análise de agrupamento UPGMA com o índice de Jaccard. (LAFFAN *et al.*, 2010). Esses dados permitiram uma análise abrangente da composição das espécies na zona de transição biogeográfica, estendendo-se do Rio de Janeiro ao sul da Bahia e extrapolando suas ocorrências para todo o oceano Atlântico.

Tabela 2 - Variáveis ambientais baixadas dos bancos de dados da Marspec e Bio-Oracle.

Variável	Unidade	Bioracl e	Marspe c	Max. .	Mim .	Média	Variaçã o	Referência
Temperatura	°C		X	X*	X	X	X*	Sbrocco & Barber, 2013
Salinidade	PSU		X	X	X*	X	X*	Sbrocco & Barber, 2013
Velocidade da corrente	m.s ⁻¹	X		X*	X	X		Assis <i>et al.</i> , 2018
Atenuação difusa	m ⁻¹	X		X*	X	X		Assis <i>et al.</i> , 2018
Batimetria	m		X*					Sbrocco & Barber, 2013
Distância da Costa	m		X*					Sbrocco & Barber, 2013

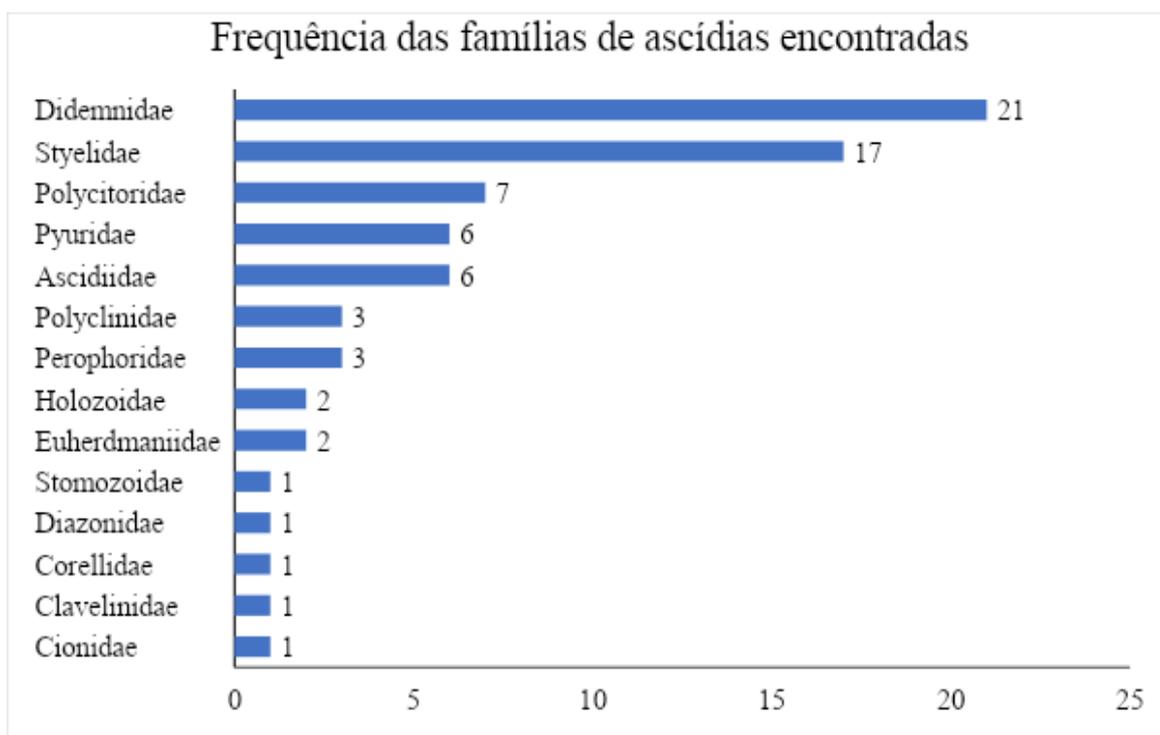
Legenda: * = variáveis escolhidas para as análises estatísticas

Fonte: O autor, 2024.

3. RESULTADOS

No presente estudo, registramos um total de 323 registros de ocorrência de 72 espécies de ascídias (Tabela 3), abrangendo 15 famílias e 33 gêneros, na zona de transição entre as zonas Tropical e Temperado Quente. Os gêneros mais prevalentes incluem *Didemnum*, com 12 representantes, seguido por *Ascidia*, com 5. Em relação às famílias, Didemnidae (21 espécies) e Styelidae (17 espécies) se destacaram como as mais frequentes (Figura 5). Por outro lado, as famílias Cionidae, Clavelinidae, Corellidae, Diazonidae e Stomozoidae apresentaram apenas uma espécie cada. Com exceção da *Stomozoa gigantea* (Van Name, 1921) da família Stomozoidae, considerada nativa na área de estudo, todas as demais espécies dessas famílias são consideradas exóticas para o trecho investigado.

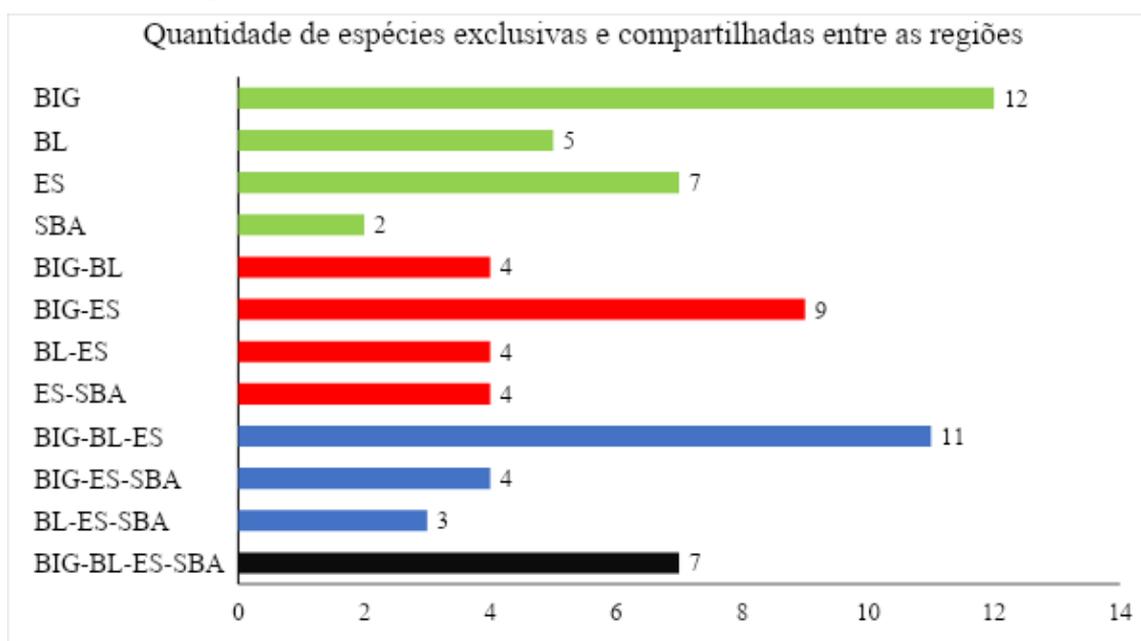
Figura 5 – Distribuição da quantidade de espécies de ascídias por família, representada por cada barra no gráfico.



Fonte: O autor, 2024.

Registramos 47 espécies para a Baía da Ilha Grande, 34 para a Baixada Litorânea, 49 para o Espírito Santo e 21 para o Sul da Bahia. Destas, 12 foram exclusivas da Baía da Ilha Grande, 5 da Baixada Litorânea, 7 do Espírito Santo e 2 do Sul da Bahia (Figura 6). Determinamos que 16 dessas espécies são nativas, 24 são exóticas e 17 são criptogênicas (15 não foram classificadas por só terem sido identificadas a nível de gênero). Destas, três são novas ocorrências para a costa brasileira: *Microcosmus squamiger* (Figuras 4.G e 4.H, 7.A e 7.B), *Botrylloides* aff. *violaceus* (Figura 7.C) e um espécime de *Cystodytes* (Figuras 4.C e 4.D, 7.D) diferente, de *Cystodytes dellechiaiei* (Figuras 4.A e 4.B e 7.D), a única espécie desse gênero registrada para o Brasil anterior a esse trabalho.

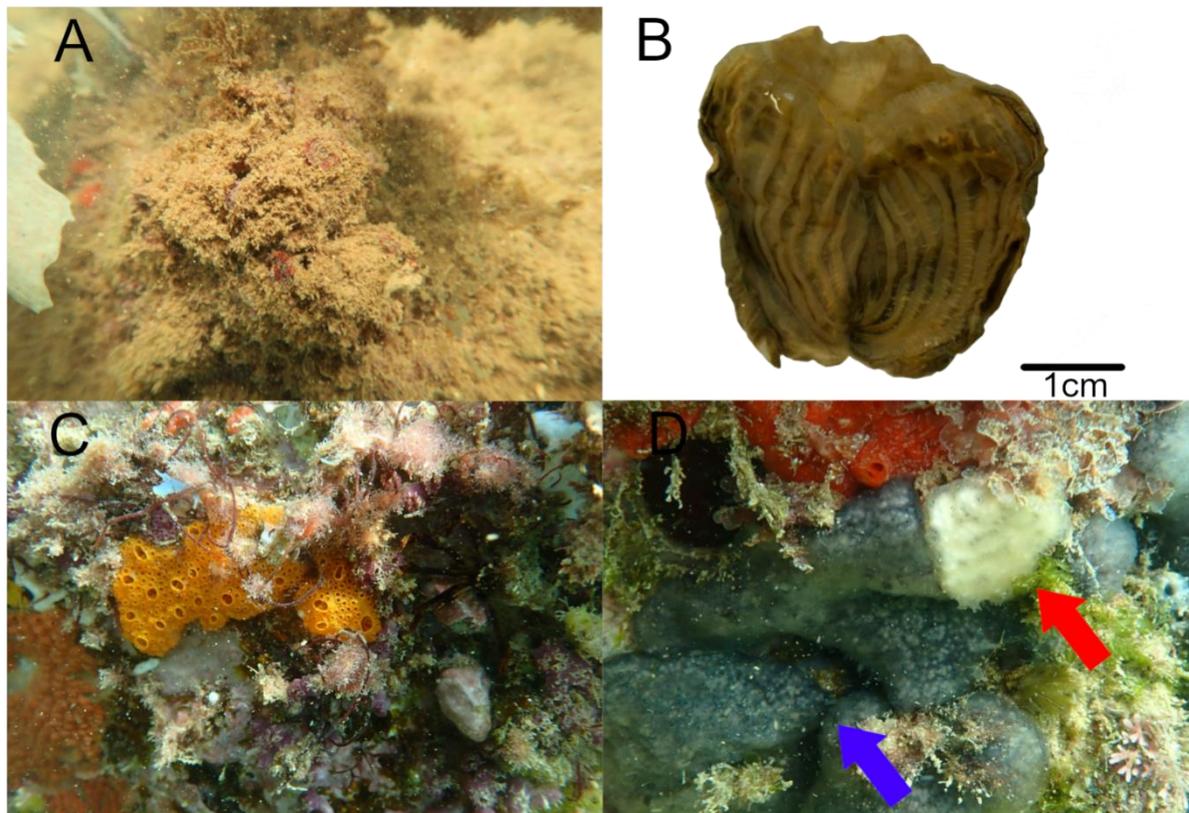
Figura 6 – Distribuição da riqueza de espécies entre as regiões: Baía da Ilha Grande (BIG), Baixada Litorânea (BL), Espírito Santo (ES) e Sul da Bahia (SBA).



Legenda: As cores indicam diferentes cenários: Espécies exclusivas de cada região estão representadas em verde. Em vermelho, estão as espécies compartilhadas entre duas regiões. Azul e preto representam as espécies compartilhadas entre três regiões e as espécies presentes em todas as regiões, respectivamente.

Fonte: O autor, 2024.

Figura 7 – Novas ocorrências de ascídias para o litoral do Brasil.



Legenda: (A – B) *Microcosmus squamiger*; (C) *Botrylloides* aff. *violaceus*; (D) *Cystodytes* sp. indicada pela seta vermelha, a seta azul indica a espécie semelhante, *Cystodytes dellechiaiei*.
Fonte: O autor, 2024.

Tabela 3 - Lista das espécies encontradas na zona de transição biogeográfica neste estudo, categorizadas por região e localidade (o número da localidade corresponde à identificação na Tabela 1). As espécies também foram classificadas quanto ao seu status: (C) Criptogênicas, (E) Exóticas e (N) Nativas.

Espécies	Status	BIG					BL					ES					SBA						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
<i>Amphicarpa</i> sp.										x	x	x											
<i>Aplidium accarensense</i> (Millar, 1953)	C			x	x																		
<i>Ascidia</i> cf. <i>multitentaculata</i> (Hartmeyer, 1912)	C		x					x						x									
<i>Ascidia curvata</i> (Traustedt, 1882)	E	x	x	x			x							x	x								
<i>Ascidia</i> sp.1														x	x								
<i>Ascidia</i> sp.2		x	x	x																			
<i>Ascidia sydneiensis</i> Stimpson, 1855	E	x		x				x	x					x	x								
<i>Botrylloides</i> aff. <i>violaceus</i> Oka, 1927	E								x		x			x									
<i>Botrylloides giganteus</i> (Pérès, 1949)	E	x				x								x		x							
<i>Botrylloides niger</i> Herdman, 1886	E	x		x	x	x	x	x	x						x	x							
<i>Botrylloides</i> sp.										x													
<i>Botryllus</i> cf. <i>tabori</i> Rodrigues, 1962	N				x									x			x				x		
<i>Ciona robusta</i> Hoshino & Tokioka, 1967	E			x											x								
<i>Clavelina oblonga</i> Herdman, 1880	E	x	x	x		x	x							x									
<i>Cnemidocarpa irene</i> (Hartmeyer, 1906)	E			x	x	x	x	x															
<i>Cystodytes dellechiaiei</i> (Della Valle, 1877)	C								x		x					x	x				x		
<i>Cystodytes</i> sp.									x		x												
<i>Didemnum duplicatum</i> Monniot F., 1983	C		x		x					x	x									x	x	x	
<i>Didemnum galacteam</i> Lotufo & Dias, 2007	N			x			x	x	x	x											x	x	
<i>Didemnum granulatum</i> Tokioka, 1954	C	x	x	x		x				x				x	x	x	x			x	x	x	
<i>Didemnum ligulum</i> Monniot F., 1983	C	x	x			x	x	x	x	x			x	x	x					x		x	
<i>Didemnum perlucidum</i> Monniot F., 1983	E		x	x	x	x								x	x								
<i>Didemnum psammatodes</i> (Sluiter, 1895)	C								x					x		x	x			x	x	x	
<i>Didemnum rodriguesi</i> Rocha & Monniot F., 1993	C	x		x	x			x	x		x		x	x	x						x	x	x

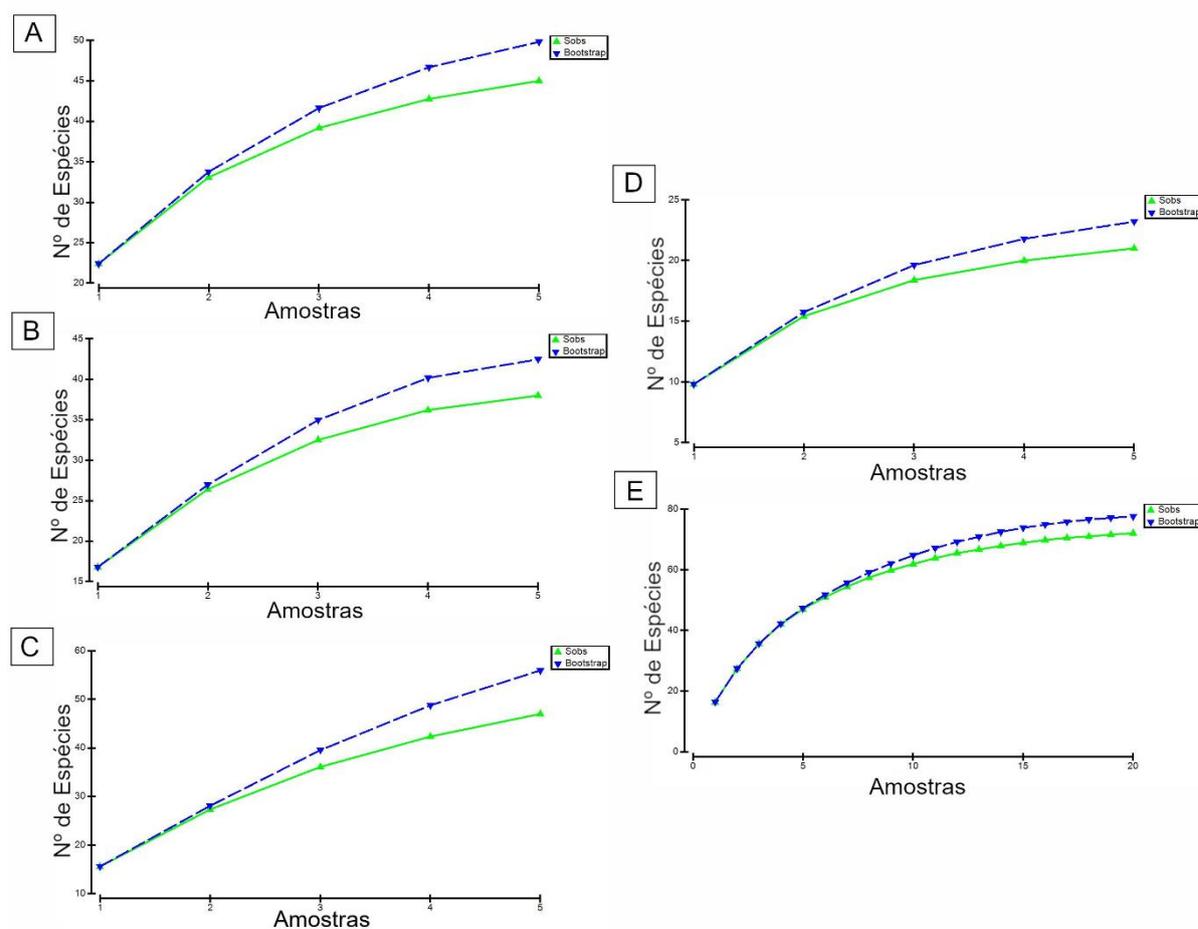
<i>Didemnum</i> sp.1				x	x					
<i>Didemnum</i> sp.2				x	x					
<i>Didemnum</i> sp.3									x	
<i>Didemnum</i> sp.4										x
<i>Didemnum speciosum</i> (Herdman, 1886)	N	x		x	x					
<i>Diplosoma</i> cf. <i>citrinum</i> Rocha & Gamba, 2015	C								x	x
<i>Diplosoma glandulosum</i> Monniot F., 1983	C							x	x	
<i>Diplosoma listerianum</i> (Milne Edwards, 1841)	C	x	x	x	x	x	x			
<i>Diplosoma</i> sp.1		x	x	x						
<i>Distaplia bermudensis</i> Van Name, 1902	N	x		x		x	x			
<i>Distaplia stylifera</i> (Kowalevsky, 1874)	E					x	x		x	
<i>Ecteinascidia</i> sp.				x					x	
<i>Eudistoma carolinense</i> Van Name, 1945	E					x	x	x	x	x
<i>Eudistoma recifense</i> Millar, 1977	N								x	
<i>Eudistoma</i> sp.1									x	x x x
<i>Eudistoma</i> sp.3							x			
<i>Eudistoma vannamei</i> Millar, 1977	N								x	x
<i>Euherdmania fasciculata</i> Monniot F., 1983	N		x			x	x		x	x
<i>Euherdmania vitrea</i> Millar, 1961	N	x								
<i>Eusynstyela</i> cf. <i>floridana</i> (Van Name, 1921)	E	x		x						
<i>Eusynstyela tincta</i> (Van Name, 1902)	C		x	x						
<i>Herdmania pallida</i> (Heller, 1878)	E	x	x	x	x	x	x			
<i>Leptoclinides latus</i> Monniot F., 1983	N			x	x	x	x	x	x	
<i>Lissoclinium fragile</i> (Van Name, 1902)	C	x		x						
<i>Microcosmus exasperatus</i> Heller, 1878	C	x	x	x	x	x	x	x	x	x x x
<i>Microcosmus squamiger</i> Michaelsen, 1927	E	x			x	x			x	x
<i>Perophora regina</i> Goodbody & Cole, 1987	E					x	x			
<i>Perophora viridis</i> Verrill, 1871	E			x						

<i>Phallusia nigra</i> Savigny, 1816	C	x x x x x	x x		x	
<i>Polyandrocarpa anguinea</i> (Sluiter, 1898)	E	x x x			x x	
<i>Polycarpa spongiabilis</i> Traustedt, 1883	N				x	x x x x
<i>Polyclinum constellatum</i> Savigny, 1816	C	x x				
<i>Polyclinum molle</i> Rocha & Costa, 2005	N	x	x x	x		
<i>Polysyncraton amethysteum</i> Van Name, 1902	N			x	x	
<i>Polysyncraton cabofriense</i> Oliveira & Rocha, 2019	N		x x			
<i>Pyura beta</i> Skinner, Rocha & Counts, 2019	E	x x x	x x		x	
<i>Pyura gangelion</i> (Savigny, 1816)	E		x		x x	x x x
<i>Pyura vittata</i> (Stimpson, 1852)	E	x			x	
<i>Rhodosoma turcicum</i> (Savigny, 1816)	E				x	
<i>Rhopalaea</i> sp.					x	
<i>Stolonica</i> sp.					x x x	
<i>Stomozoa gigantea</i> (Van Name, 1921)	N					x x x x
<i>Styela canopus</i> (Savigny, 1816)	E	x x x x	x x x		x	x x x
<i>Styela multicarpa</i> Barros & Rocha, 2021	E				x x	
<i>Styela plicata</i> (Lesueur, 1823)	E		x		x x	
<i>Symplegma brakenhielmi</i> (Michaelsen, 1904)	C	x x	x		x	
<i>Symplegma rubra</i> Monniot C., 1972	N	x x x x x	x x x x x		x x x	
<i>Trididemnum orbiculatum</i> (Van Name, 1902)	N	x x x	x x x		x x	x x

Fonte: O autor, 2024.

Os gráficos de rarefação para as regiões SBA, BL, ES e BIG não demonstram estabilização (Figuras 8.A – D), indicando que o esforço amostral não foi suficiente. Apesar disso, em um cenário mais amplo, quando analisadas todas as quatro regiões, é possível ver uma estabilização bem mais evidente da curva de rarefação (Figura 8.E).

Figura 8 – Gráficos com as curvas de rarefação de espécies para cada região.



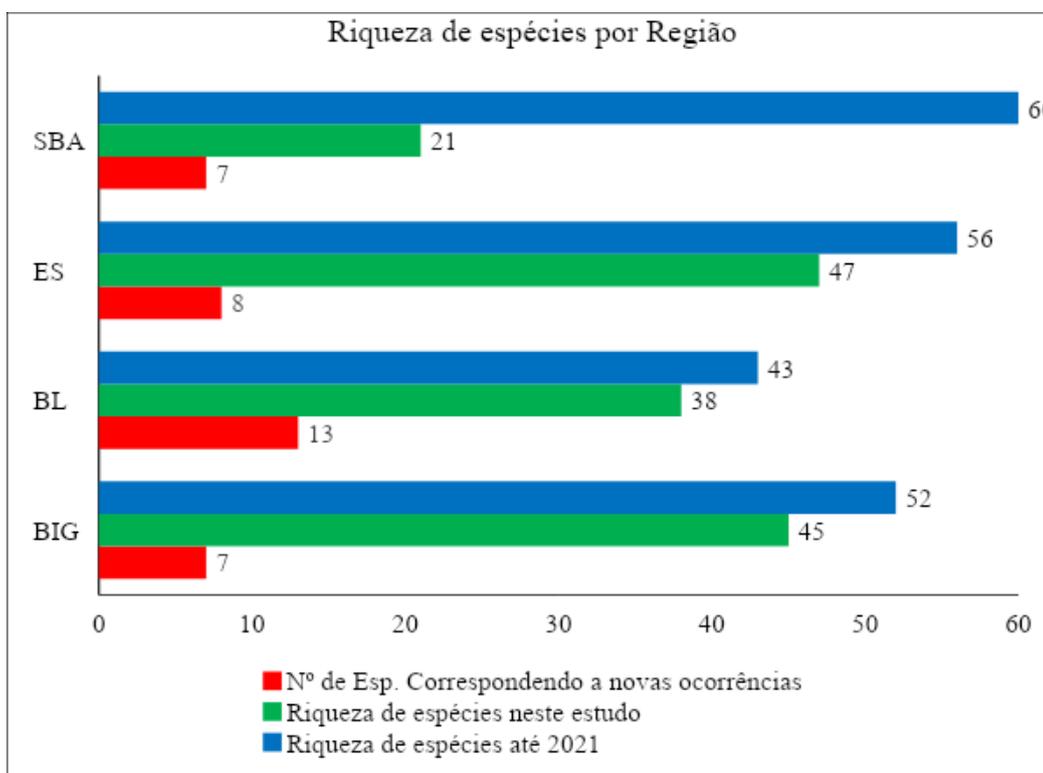
Legenda: A linha verde indica a curva *Sobs* referente a curva de acumulação de espécies e a Azul a técnica de *Bootstrap* frequentemente usada na análise de curvas de rarefação para estimar a variabilidade nos dados. (A) Baía da Ilha Grande; (B) Baixada Litorânea; (C) Litoral do Espírito Santo; (D) Sul da Bahia; e (E) gráfico da curva de rarefação para a área de estudo como um todo, englobando as coletas de todas as regiões.

Fonte: O autor, 2024.

A revisão do levantamento de dados biológicos de registros de espécies das ascídiá para cada região apontou um número de 60 espécies anteriormente registradas para o

Estado da Bahia, 56 para o Espírito Santo, 59 para o RJ (tendo a Baixada Litorânea 43 espécies e a Baía da Ilha Grande 52) (Figura 9). Nosso levantamento realizado na zona de transição entre o temperado quente e o tropical, também trouxe contribuições importantes para a ampliação da área de distribuição de espécies já conhecidas para o litoral Brasileiro. *Pyura gangelion* que teve seu primeiro registro em substrato natural no Rio de Janeiro (RJ) e no Parque Marinho Recife de Fora (PMRF) no Sul da Bahia, além de novos registros no Espírito Santo (ES). *Ciona robusta* e *Rhodosoma turcicum* que tiveram o seu primeiro registro no ES em um quebra-mar em Vitória. *Diplosoma glandulosum* e *Diplosoma citrinum* com novos registros no litoral norte do RJ e no PMRF, respectivamente. *Eudistoma cf. recifenses* que foi encontrada tanto na praia do Mucugê (BA) quanto na praia da Biologia (ES). Além disso, novas ocorrências como *Perophora regina* e *Pyura vittata* no RJ e *Polyclinum molle* no ES (Figura 10).

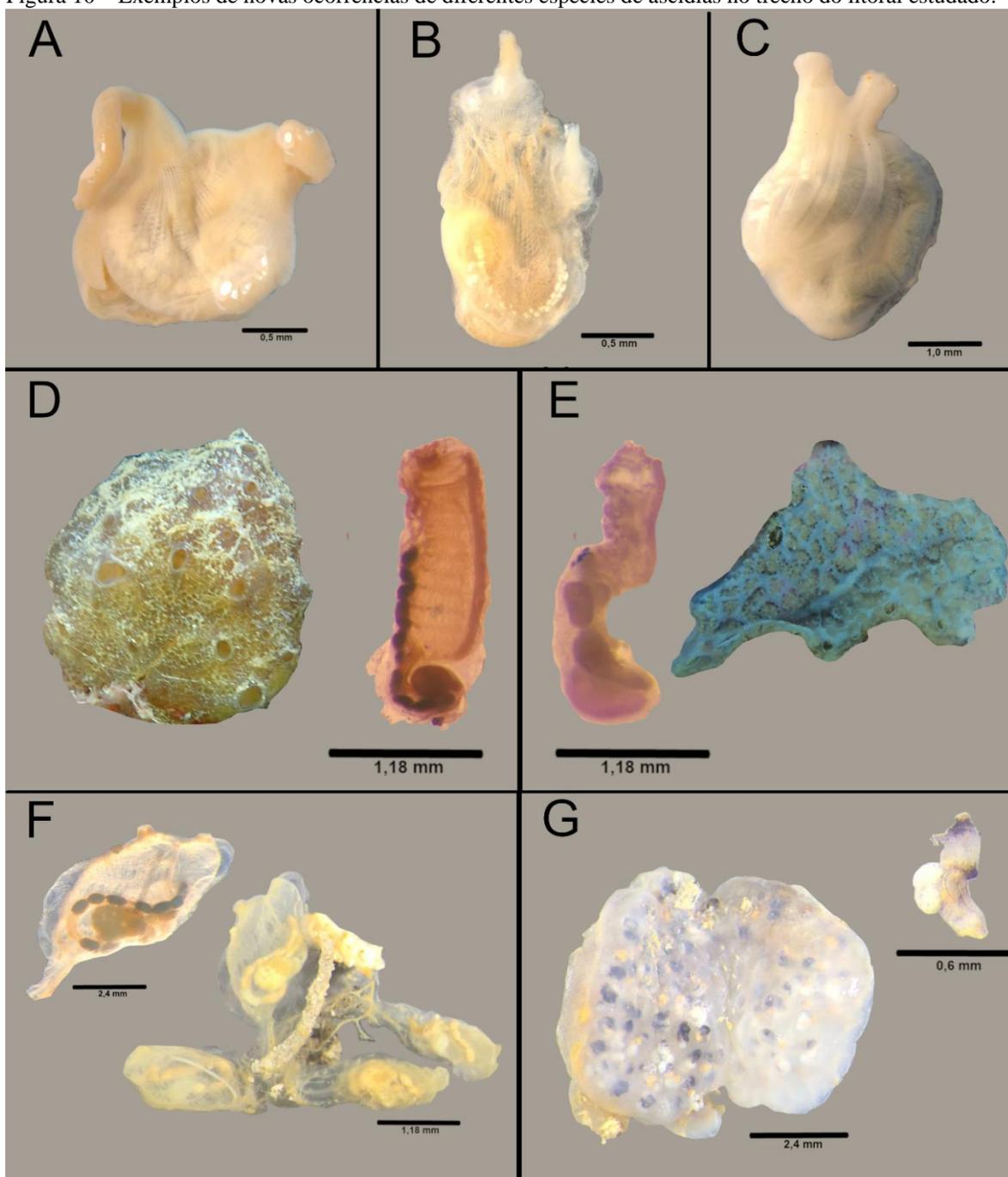
Figura 9 – Comparação da riqueza de espécies por região, considerando levantamentos bibliográficos históricos e o estudo atual.



Legenda: Regiões analisadas: Sul da Bahia (SBA), Espírito Santo (ES), Baixada Litorânea (BL) e Baía da Ilha Grande (BIG).

Fonte: O autor, 2024.

Figura 10 – Exemplos de novas ocorrências de diferentes espécies de ascídias no trecho do litoral estudado.

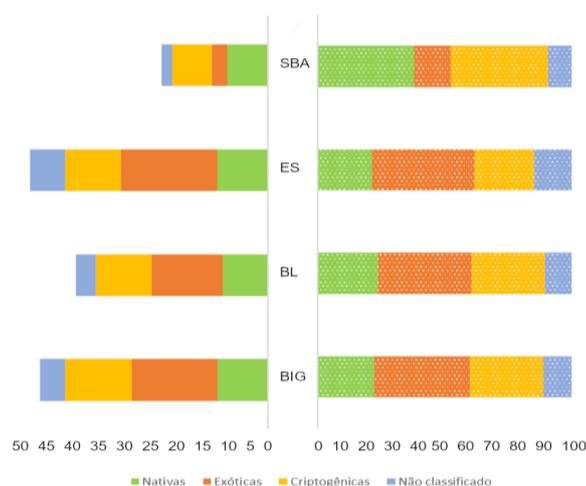


Legenda: (A) Parede do corpo da espécie *Pyura gangelion* (Savigny, 1816); (B) manto da espécie *Pyura vittata* (Stimpson, 1852); (C) manto da espécie *Ciona robusta* Hoshino & Tokioka, 1967; (D) Colônia e zoóide de *Polyclinum molle* Rocha & Costa, 2005; (E) Colônia e zoóide de *Diplosoma glandulosum* Monniot F., 1983; (F) *Perophora regina* Goodbody & Cole, 1987; e (G) Colônia e zoóide de *Eudistoma recifense* Millar, 1977.

Fonte: O autor, 2024.

Os organismos identificados em nível de espécies nesse estudo foram classificados quanto ao status de criptogênico, exótico e nativo. A quantidade e porcentagem de espécies por regiões foram bem semelhantes, principalmente entre ES, BL e BIG, sendo o SBA menos semelhante às demais regiões, apesar da menor riqueza de espécies. O ES e a BIG apresentaram a maior riqueza em relação a espécies nativas (10 espécies em cada) que representaram 21 e 22% respectivamente do número total de espécies para essas regiões. Foram encontrados 8 e 9 espécies nativas nas demais regiões, SBA e BL, respectivamente, o que representou 38 e 23%. Em relação às espécies exóticas, apenas três foram identificadas no SBA o que representou 14% do total de espécies, enquanto nas demais regiões, foram encontradas 19 no ES, 14 na BL e 17 na BIG, o que representa, respectivamente, 40%, 37% e 38% do total de espécies. Quantitativamente, o ES, BL e BIG apresentaram sequencialmente 11, 11 e 13 espécies criptogênicas, enquanto que no SBA foram encontradas oito espécies. Apesar disso, no ES, BL e BIG essas espécies representaram 23%, 29% e 29% do total de espécies, enquanto no SBA, as espécies criptogênicas corresponderam a 38% (Figura 11).

Figura 11 – Distribuição de espécies de ascídias conforme os status de criptogênicas, exóticas ou nativas nas regiões de estudo: SBA (Sul da Bahia); ES (Espírito Santo); BL (Baixada Litorânea; BIG (Baía da Ilha Grande).



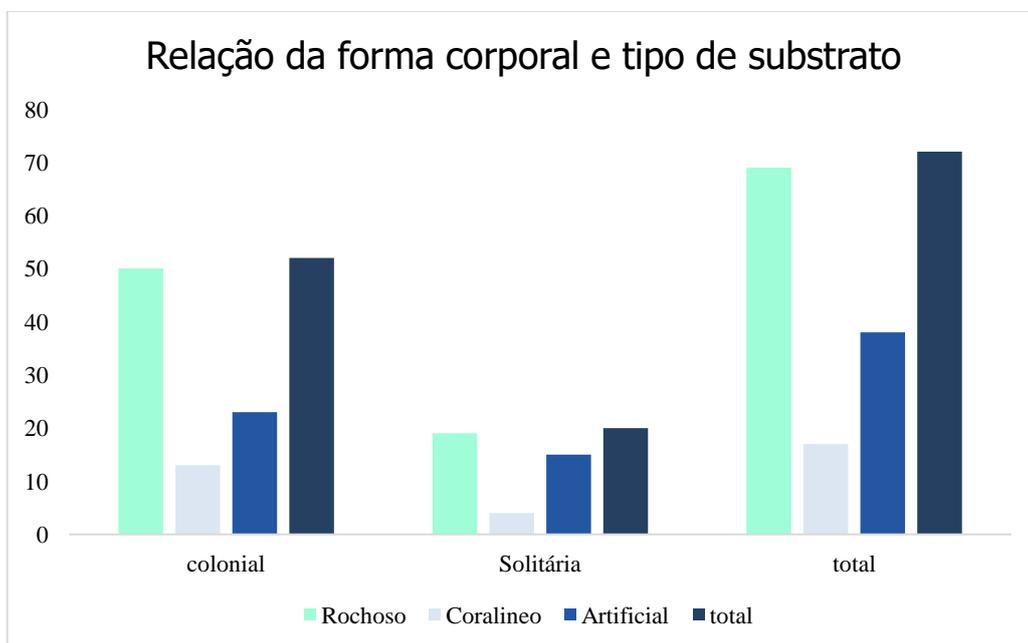
Legenda: O lado esquerdo mostra a quantidade de espécies identificadas em cada região. O lado direito exibe a porcentagem relativa do total de espécies por status em cada região. Não foram incluídos na classificação os espécimes identificados apenas a nível de gênero.

Fonte: O autor, 2024.

Dentre as 72 espécies coletadas, 50 espécies coloniais e 19 espécies solitárias (ver Apêndice, Figuras 22 e 23) foram encontradas em substratos rochosos, o que os torna os mais representativos em termos de riqueza de espécies. Em contraste, o substrato coralíneo foi o menos representativo, com apenas 13 espécies coloniais e 4 espécies solitárias registradas.

Ao detalhar as frequências esperadas sob a hipótese nula de independência entre as variáveis, observamos desvios significativos entre as frequências esperadas e as frequências observadas em todas as células da tabela de contingência. Esses resultados destacam uma clara tendência das ascídias coloniais em preferir os substratos rochosos, com 96% das espécies coloniais encontradas nesse ambiente, seguido por substratos artificiais (44%) e substratos coralíneos (25%). Foi observado a mesma relação da preferência das ascídias solitárias por substratos rochosos (95%), seguido por substratos artificiais (75%) e, em menor medida, substratos coralíneos (20%) (Figura 12).

Figura 12 – Distribuição das espécies coloniais e solitárias em diferentes tipos de substrato.



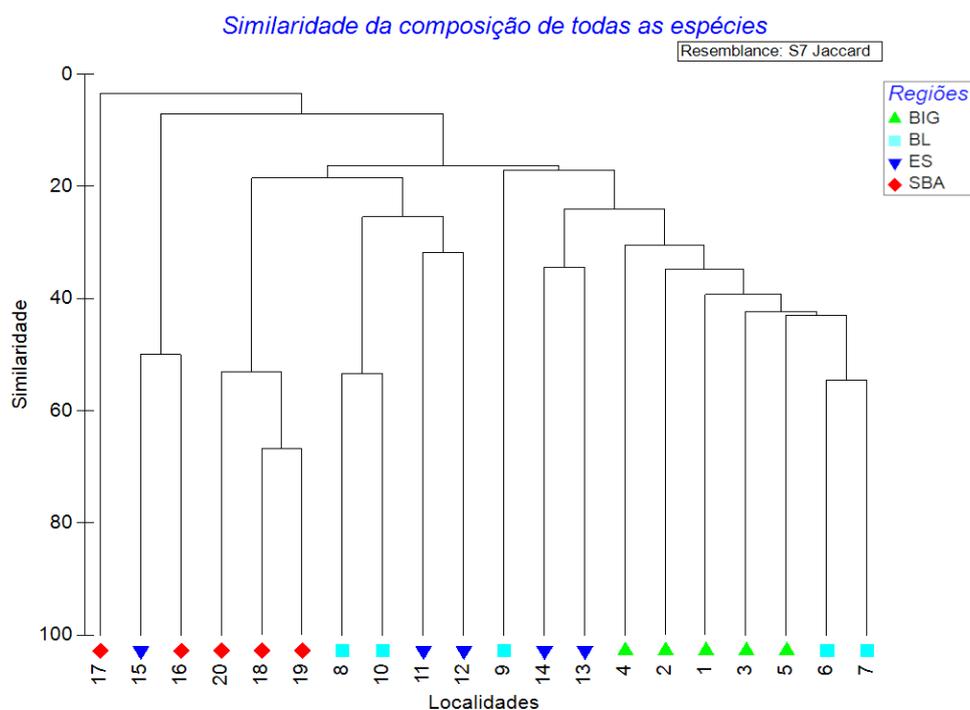
Legenda: O gráfico de barras apresenta a quantidade de espécies coloniais e solitárias encontradas em cada tipo de substrato estudado: natural (rochas submersas), coralíneo e artificial.

Fonte: O autor, 2023.

3.1 Similaridade Faunística de ascídias entre as regiões

As análises realizadas com base na matriz de similaridade de Jaccard, considerando a composição de espécies por localidade, revelaram diferenças nos níveis de similaridade entre as localidades ao comparar o conjunto total de espécies registradas (Figura 13) com apenas as espécies consideradas nativas (Figura 14). Na Baía da Ilha Grande (BIG) e no Espírito Santo (ES), observamos uma diminuição na média de similaridade entre as localidades quando utilizamos a matriz de todas as espécies registradas. Para a BIG, essa média caiu de 35% para 13%, enquanto para ES, diminuiu de 29% para 11%. O mesmo foi observado quando considerarmos apenas as espécies nativas, observamos um aumento nas médias de similaridade entre as localidades Baixada Litorânea (BL) e Sul da Bahia (SBA). Em relação à BL, a similaridade aumentou de 27% para 37%, e em relação à SBA, de 27% para 30%.

Figura 13 – Dendrograma UPGMA ilustrando a similaridade na composição total de espécies entre quatro regiões distintas, segmentadas por localidades: SBA (Sul da Bahia); ES (Espírito Santo); BL (Baixada Litorânea); BIG (Baía da Ilha Grande).

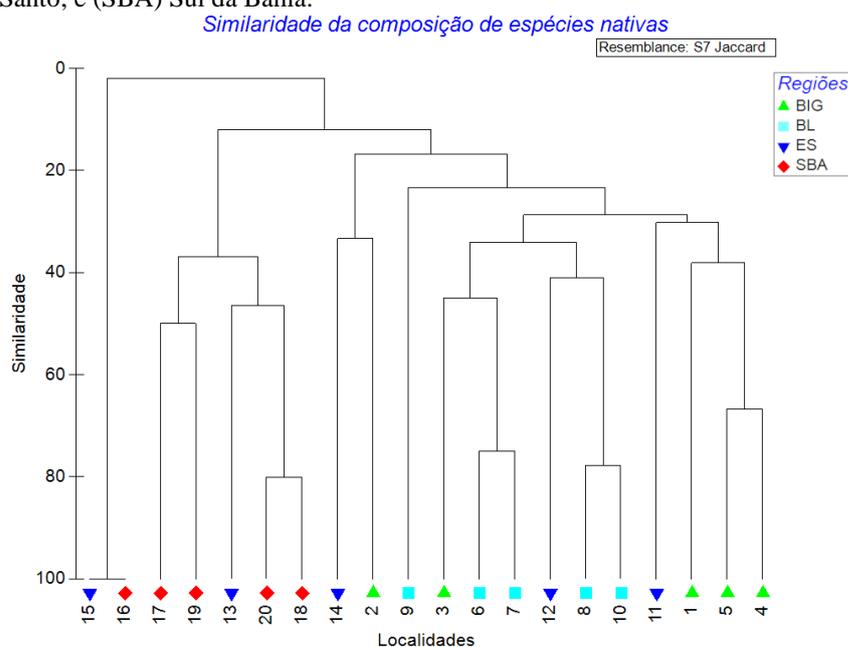


Legenda: A análise foi realizada utilizando o índice de similaridade de Jaccard.

Fonte: O autor, 2024.

Ao analisarmos as localidades dentro das regiões, notamos na identidade dos pares das localidades mais similares uma tendência a aumento de similaridade, principalmente quando analisamos somente as espécies nativas. Por exemplo, na BIG, ao considerar todas as espécies, Jorge Grego e Araraquara apresentaram a maior similaridade, atingindo 42%. No entanto, quando nos concentramos apenas nas espécies nativas, Jorge Grego e Sítio Forte se destacaram com uma notável similaridade de 66%. Esse mesmo padrão foi observado na BL, onde a Ilha Cumprida e Ilha dos Pargos mostraram a maior similaridade em relação ao total de espécies, alcançando 54%, enquanto na análise das espécies nativas, Praia do Mar do Norte e Ilha dos Coqueiros emergiram como as mais similares, com uma taxa de 77%. Para a terceira região, Espírito Santo (ES), as análises revelaram uma variação nos pares de localidades mais similares. Na primeira análise, Praia da Sereia e a Ponte da Ilha do Frade (Baía das Tartarugas) atingiram uma similaridade de 34%, enquanto na segunda análise, Ilha Escalvada e o recife artificial no naufrágio Victory 8-B foram os mais similares, com uma similaridade de 33%. No Sul da Bahia (SBA), os pontos dentro do Parque Marinho Recife de Fora apresentaram maior similaridade. Na matriz total de espécies, estes pontos apresentaram uma similaridade variando entre 50% e 65%. Em relação à composição de espécies nativas, a similaridade variou entre 50% e 80%.

Figura 14 – Dendrograma UPGMA ilustrando a similaridade na composição de espécies nativas segmentadas por localidades dentro das quatro regiões: (BIG) Baía da Ilha Grande; (BL) Baixada Litorânea; (ES) Espírito Santo; e (SBA) Sul da Bahia.

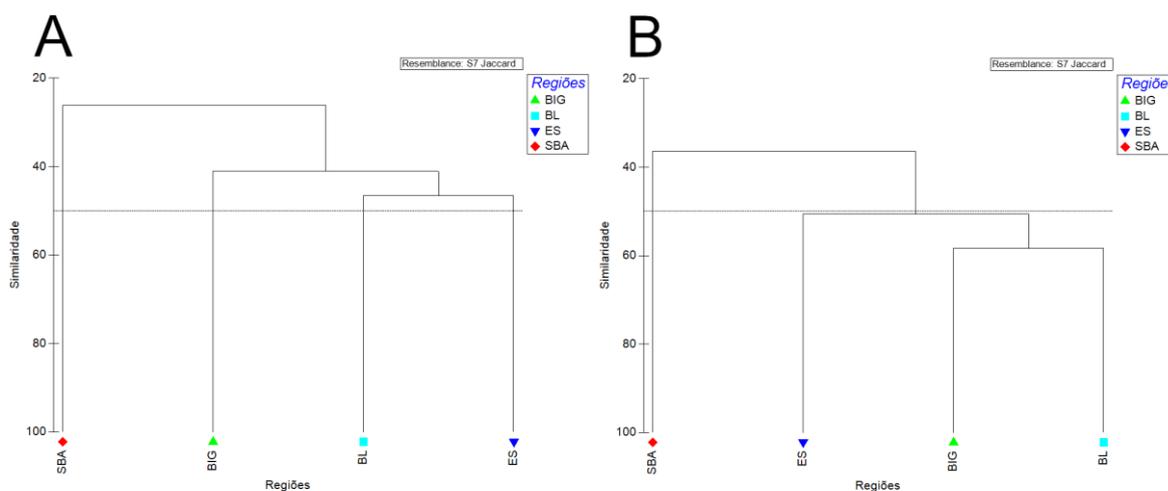


Legenda: A análise foi realizada utilizando o índice de similaridade de Jaccard. O número correspondente a cada localidade pode ser conferido na tabela 1.

Fonte: O autor, 2024.

Quando analisamos em nível de regiões e usamos a composição total de espécies encontradas, observamos que a Baixada litorânea (BL) e o Espírito Santo (ES) apresentaram uma maior semelhança (46%) em comparação às combinações das outras regiões, embora a Baía da Ilha Grande (BIG) e BL (40%) e BIG e ES (41%) apresentassem similaridade próxima. Em contrapartida, a BIG e o Sul da Bahia (SBA) nos extremos da área amostrada e em distintas regiões biogeográficas apresentaram apenas 18% de similaridade (Figura 15A). Já as observações feitas com a matriz de espécies consideradas nativas, mostram que a similaridade diminui com o aumento da distância: BIG e BL (58%); BIG e ES (43%); BIG e SBA (28%); BL e ES (58%); BL e SBA (31%) e ES e SBA (50%) (Figura 15B). Em ambos os gráficos, os resultados sugerem que a transição ocorre mais ao norte, separando o SBA das demais regiões.

Figura 15 – Dendrograma UPGMA da composição total das espécies (A) e da composição das espécies nativas (B), com base no índice de Jaccard, dentro das quatro regiões: (BIG) Baía da Ilha Grande; (BL) Baixada Litorânea; (ES) Espírito Santo; e (SBA) Sul da Bahia.



Legenda: As linhas tracejadas nos gráficos representam o limite de 50% de similaridade.

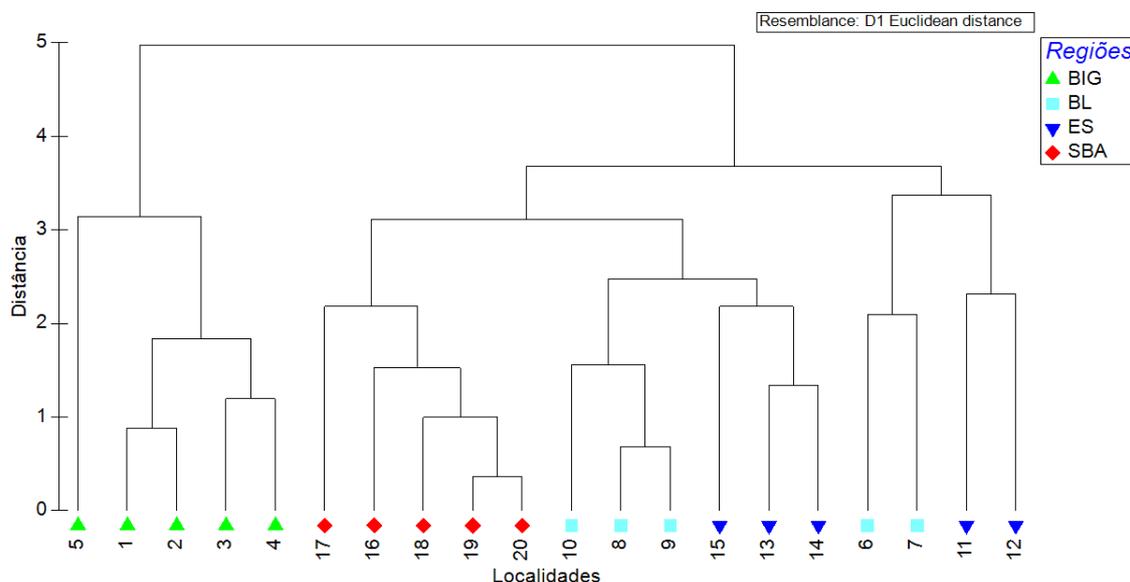
Fonte: O autor, 2024.

3.2 Análise de Redundância parcial e similaridade ambiental

A avaliação da similaridade ambiental entre as localidades, com base na distância euclidiana das oito variáveis selecionadas a partir da Análise de Componentes Principais

(PCA) (tabela 2), revelou a formação de dois agrupamentos distintos, no qual todas as localidades da BIG se separam das demais localidades. Dentro dos subgrupos, as localidades do SBA apresentaram ser mais semelhantes entre si, enquanto as localidades da BL e ES não formam um agrupamento único (Figura. 16).

Figura 16 – Dendrograma UPGMA ilustrando a similaridade ambiental com base no índice de distância euclidiana entre as localidades das quatro regiões: (BIG) Baía da Ilha Grande; (BL) Baixada Litorânea; (ES) Espírito Santo; e (SBA) Sul da Bahia.



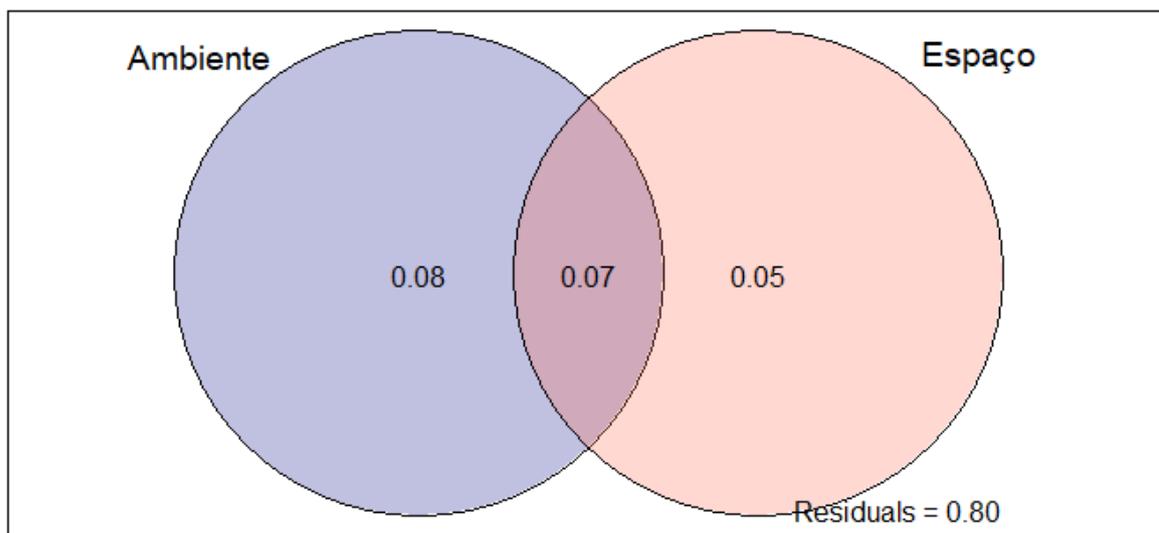
Legenda: O número correspondente a cada localidade pode ser conferido na tabela 1.

Fonte: O autor, 2024.

Além disso, as Análises de Redundância Parcial (pRDA) levantam a hipótese de que o ambiente exerce influência, embora pequena, na composição taxonômica de ascídias em comparação ao espaço geográfico isoladamente. O ambiente, por si só, explicou 5% ($F=1,2514$; $p=0,0457$) da variação na composição de todas as espécies e 14% ($F=1,4589$; $p=0,039$) na composição das espécies nativas. Em contraste, o espaço geográfico, isoladamente, não apresentou resultados estatisticamente significativos e contribuiu menos para a variação nas duas análises, explicando apenas 5% ($F=0,059$; $p=0,1421$) e 3% ($F=1,4101$; $p=0,1981$) da variação, respectivamente. A combinação da matriz ambiental e espacial demonstrou uma explicação de 7% ($F=1,2514$; $p=0,05$) na composição total de espécies registradas, enquanto para as espécies nativas, essa explicação foi de 8%

($F=1,4589$; $p=0,041$). No entanto, é importante ressaltar que uma grande parcela da variação na composição taxonômica, tanto da matriz total quanto das espécies nativas, permaneceu sem explicação, representando 80% para a composição total de espécies (Figura 17) e 76% para a composição de espécies nativas (Figura 18).

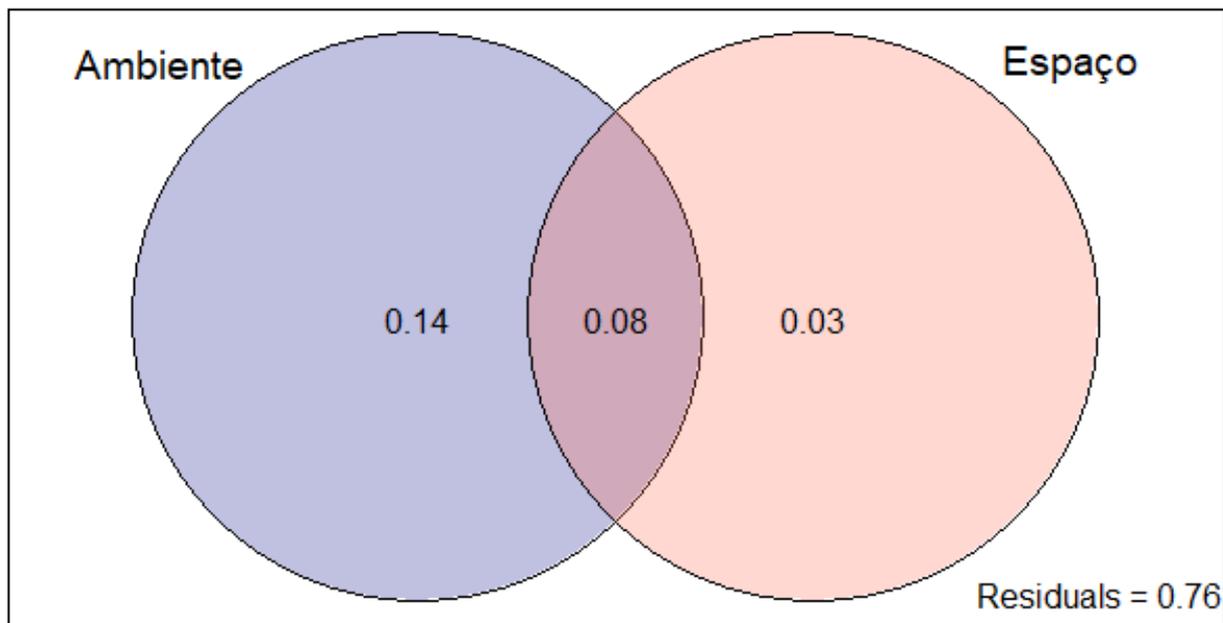
Figura 17 – Resultados da Análise de Redundância Parcial (pRDA) aplicada à composição total de espécies encontradas neste estudo.



Legenda: As variáveis explicativas, ambiente e Espaço, representam, respectivamente, a matriz das variáveis ambientais selecionadas e padronizadas, e o componente puramente geográfico.

Fonte: O autor, 2024.

Figura 18 – Resultados da Análise de Redundância Parcial (pRDA) aplicada à composição de espécies nativas encontradas neste estudo.



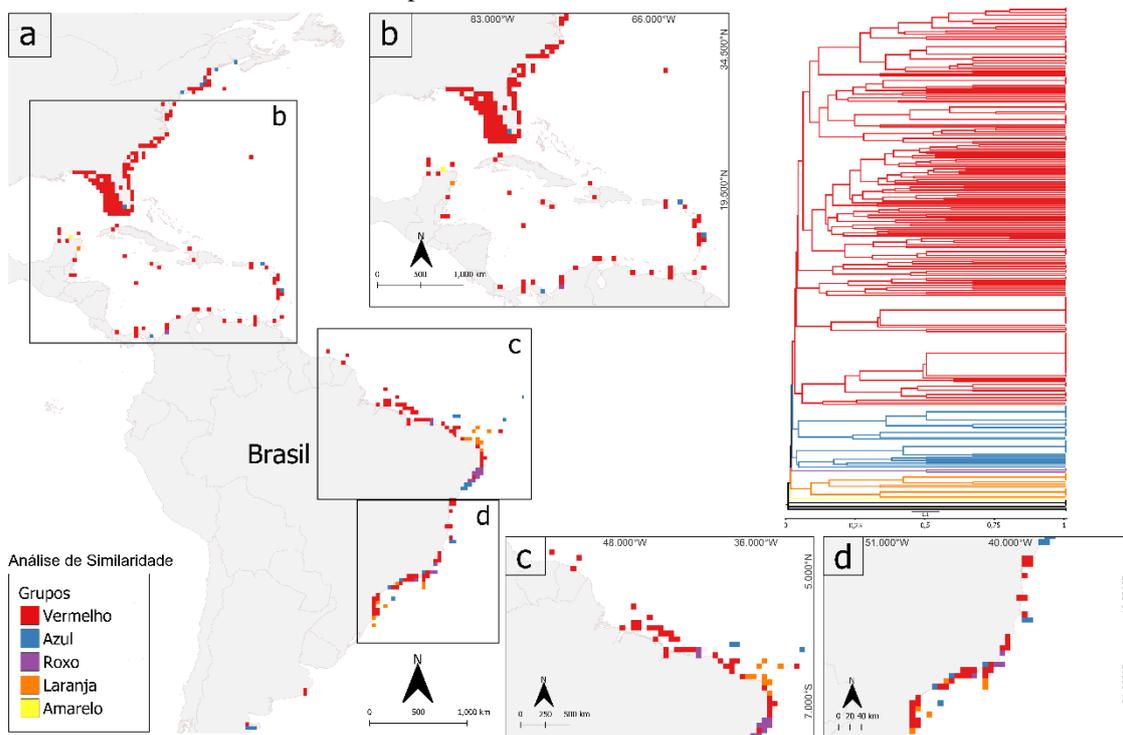
Legenda: As variáveis explicativas, ambiente e Espaço, representam, respectivamente, a matriz das variáveis ambientais selecionadas e padronizadas, e o componente puramente geográfico.

Fonte: O autor, 2024.

Considerando a distribuição no Atlântico ocidental das 56 espécies identificadas neste estudo obtidas por meio de fontes bibliográficas, foram encontradas 4094 registros, sendo 1154 (28%) correspondentes às 16 espécies nativas neste conjunto. Os dados expandidos sobre a ocorrência das espécies coletadas neste estudo, combinando informações históricas das ascídias provenientes de fontes variadas, como literatura especializada, acervos universitários e bancos de dados online, incluindo o 'Global Biodiversity Information Facility' (GBIF). Esses dados permitiram uma análise abrangente da composição das espécies na zona de transição biogeográfica, estendendo-se do Rio de Janeiro ao sul da Bahia e extrapolando suas ocorrências para todo o oceano Atlântico. Nossas análises foram segmentadas em relação às espécies encontradas nessa zona biogeográfica: 'todas as espécies' e 'espécies nativas'. Através da análise UPGMA, constatamos distinções marcantes na composição das espécies ao longo do Atlântico. Ao considerar todas as espécies, notamos uma homogeneidade mais acentuada entre as regiões, com diferenças proeminentes apenas no nordeste do Brasil (Figura 19). Por outro

lado, a análise focada nas espécies nativas revelou uma separação mais clara na composição das espécies entre o litoral brasileiro e o Atlântico Norte (Figura 20).

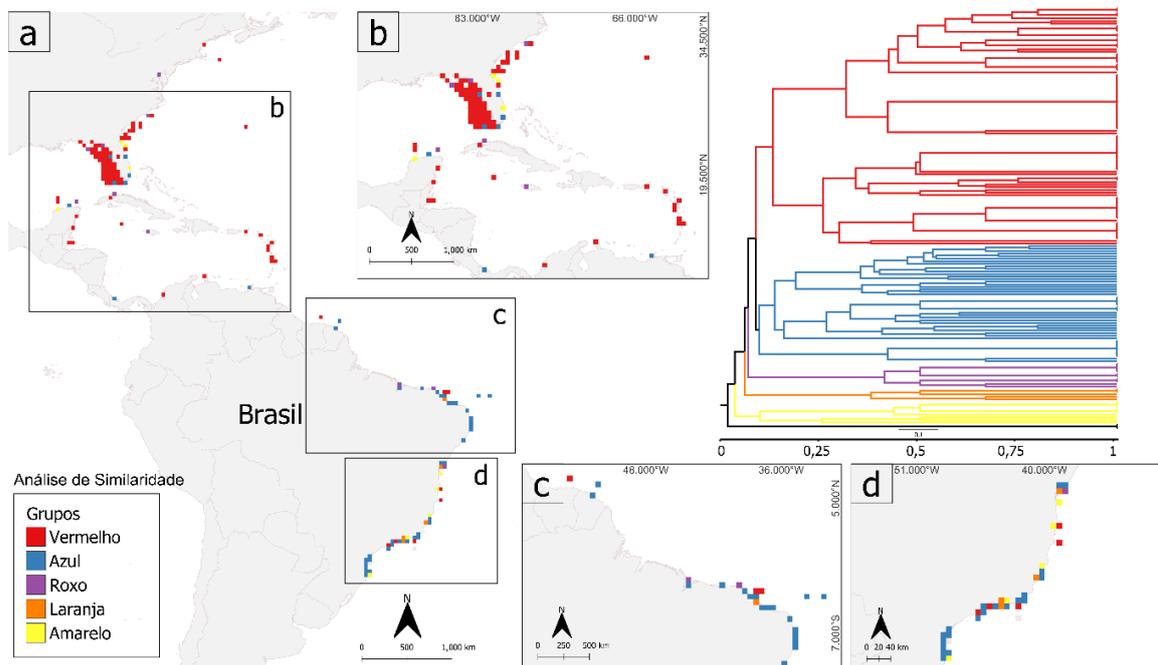
Figura 19 – Similaridade da composição total das 56 espécies de ascídias encontradas neste estudo, considerando suas áreas de ocorrência pro Atlântico ocidental.



Legenda: A árvore à direita representa a similaridade entre grupos de células no mapa, não entre táxons específicos. Os cinco agrupamentos formados, baseando-se no comprimento de seus nós, foram diferenciados por cores que correspondem à coloração das células nos mapas, cada uma representada por uma linha no cladograma..

Fonte: O autor, 2024.

Figura 20 – Similaridade da composição das 16 espécies nativas de ascídias encontradas neste estudo, considerando suas áreas de ocorrência pro Atlântico ocidental.



Legenda: A árvore à direita representa a similaridade entre grupos de células no mapa, não entre táxons específicos. Os cinco agrupamentos formados, baseando-se no comprimento de seus nós, foram diferenciados por cores que correspondem à coloração das células nos mapas, cada uma representada por uma linha no cladograma...

Fonte: O autor, 2024.

4. DISCUSSÃO

Neste estudo, detectamos um total de 72 espécies de ascídias nas quatro regiões. Na província Atlântico temperada-quente representada pela Baía da Ilha Grande, foram encontradas 45 espécies, sendo 12 exclusivas. Na província Atlântico Tropical representada pelas demais regiões estudadas, 60 espécies foram encontradas, sendo 12 exclusivas. Sobrepondo-se a isto, o número total de registros de ocorrência de ascídias foi desigual entre as regiões, com 112 registros na Baía da Ilha Grande, 83 na Baixada Litorânea, 77 no Espírito Santo e 51 no Sul da Bahia. Uma possível explicação para essa distribuição desigual dos dados pode ser as características presentes nas próprias áreas de estudo, como maior abundância de substrato rochoso na região da Baía da Ilha Grande e a intensa atividade marítima nessa mesma região e no litoral do Espírito Santo. Além disso, apesar de terem sido evitadas coletas próximas ou dentro de áreas portuárias, ainda assim, áreas como a BIG e Vitória, no ES, são regiões com bastante influência de portos e marinas, o que torna essas regiões altamente sensíveis para a entrada de espécies exóticas, assim como é observado em outras partes do litoral do Brasil (ROCHA *et al.*, 2005; SKINNER *et al.*, 2016). Isso pode ser refletido nas localidades que apresentaram alta riqueza de espécies, como na BIG, em que a riqueza nas localidades variou entre 18 e 25 espécies. A localidade que apresentou a maior riqueza neste estudo, foi na praia da Sereia, no ES, com 26 espécies. Esta praia está localizada próximo à entrada da Baía da Tartaruga, área de grande descarga orgânica, e do Porto da Praia Mole. Já para o SBA a influência na riqueza e ocorrência de espécies pode estar relacionado a substituição do substrato granítico para o substrato biogênico, principalmente no Parque Marinho de Recife de Fora, onde as ascídias foram coletadas fixadas em corais vivos ou em esqueletos de corais, e esses organismos possuem seus próprios mecanismos para proteção e para competir por espaço com outros organismos bentônicos (BRUNO & WITMAN, 1996; CHANGYUN *et al.*, 2008). Além disso, no SBA, a região das coletas é próxima a descarga fluvial do rio Buranhém, o que tem influência na salinidade e turbidez na água, semelhante ao que acontece nas localidades de Rio das Ostras na Baixada litorânea (Emissário Submarino, Ilha dos Coqueiros e praia do Mar do Norte), que são influenciadas pela própria foz do rio das Ostras e do rio de São João (FERNANDEZ & MÜEHE, 1998). A abundância de substrato rochoso, proximidade a áreas de intensa atividade marítima e a salinidade podem

se mostrar elementos chaves para a distribuição de espécies bentônicas, podendo limitar a dispersão de espécies marinhas, especialmente durante as fases de larvas pelágicas, ao diminuir a sobrevivência de alguns organismos expostos à água salobra ou mesmo aumentando a competição por espaço pelos organismos bentônicos e a entrada de espécies não nativas dentro dos ecossistema (EPELBAUM *et al.*, 2009; UTHICKE *et al.*, 2010; CHADWICK & MORROW, 2011; DIJKSTRA & SIMKANIN, 2016; SHEPPARD *et al.*, 2018). Outros fatores físicos como, turbidez e temperatura, e biológicos, como a maior competição por espaço com outros organismos bentônicos, demonstraram pouca influência nos resultados encontrados na composição de espécies entre as regiões nesse estudo.

Os agrupamentos identificados neste estudo revelaram que regiões geograficamente próximas (contíguas) apresentaram uma maior similaridade em termos de composição de espécies de ascídias, principalmente quanto à composição das espécies nativas. Esse resultado pode estar relacionado principalmente a dispersão natural limitada desses organismos e sua larva lecitotrófica (LINS *et al.*, 2018). Além disso, essas observações são semelhantes aos resultados obtidos por Ma *et al.* (2017) no Leste do Canadá, onde também foi realizado um estudo em uma zona de transição levando em consideração apenas espécies de ascídias nativas da região. No entanto, a inclusão das espécies exóticas e criptogênicas na análise de similaridade das regiões revelou uma configuração menos contígua na composição de espécies exóticas entre as áreas estabelecidas. Em resposta a isso, percebemos uma maior semelhança da região da BIG com o ES, o que pode estar diretamente relacionado com o alto potencial de dispersão passiva desses organismos, principalmente mediado por atividades antrópicas. Esse padrão se destaca ainda mais considerando que a BIG e o litoral do Espírito Santo são as áreas mais exploradas e foco do comércio marítimo global e nacional dentre as quatro regiões estudadas (ANTAQ, 2022; MARINE TRAFFIC, 2023).

Ao analisarmos as espécies presentes e suas classificações quanto à origem (nativas, exóticas ou criptogênicas) e sua distribuição pelas quatro áreas estudadas, notamos uma maior similaridade nas espécies exóticas compartilhadas entre a Baía da Ilha Grande e o Espírito Santo (Figura 25). Dessas regiões, 13 das 24 espécies exóticas identificadas neste estudo foram observadas nessas duas áreas, sendo algumas das espécies: *Botrylloides giganteus* (Pérès, 1949), *Ciona robusta* Hoshino & Tokioka, 1967, *Didemnum perlucidum* Monniot F., 1983, *Polyandrocarpa anguinea* (Sluiter, 1898), *Pyura vittata* (Stimpson, 1852) e *Styela plicata* (Lesueur, 1823). Esse número é maior até mesmo

entre as espécies exóticas que foram observadas ocupando três ou mais regiões ao mesmo tempo que totalizam nove. Destas, *Ascidia curvata* (Traustedt, 1882), *Ascidia sydneyensis* Stimpson, 1855, *Botrylloides niger* Herdman, 1886, *Clavelina oblonga* Herdman, 1880, *Eudistoma carolinense* Van Name, 1945, *Microcosmus squamiger* Michaelsen, 1927, *Pyura beta* Skinner, Rocha & Counts, 2019, *Pyura gangelion* (Savigny, 1816), *Styela canopus* (Savigny, 1816), apenas *P. gangelion* não foi encontrada ocorrendo tanto na BIG quanto no ES no presente estudo.

Na BIG, duas espécies exóticas foram exclusivas desta região: *Eusynstyela* cf. *floridana* (Van Name, 1921) e *Perophora viridis* Verrill, 1871, o mesmo número de espécies exóticas foi exclusivo para o ES: *Rhodosoma turcicum* (Savigny, 1816) e *Styela multicarpa* Barros & Rocha, 2021. A Baixada Litorânea também apresentou uma espécie exótica exclusiva: *Perophora regina* Goodbody & Cole, 1987. Apesar de ser discutido a presença exclusiva das espécies entre as regiões no presente estudo, que pode ter sido influenciado pelo baixo número de locais e réplicas em cada locais, e sem incluir sazonalidade, amostrados em cada região, isso não significa que a distribuição dessas espécies está limitada a esses resultados, como por exemplo *R. turcicum* que anteriormente já foi registrada, segundo a metodologia de divisão de áreas desse estudo, para a BIG e a Baixada litorânea (BARBOZA & SKINNER, 2021). Além das espécies exclusivas, foram coletados dados de distribuição das espécies identificadas nesse estudo para o Atlântico ocidental, que inclui registros anteriores para o litoral brasileiro, assim como novos registros para o litoral. Como por exemplo, a ampliação da distribuição da espécie *Cnemidocarpa irene* para a Baía da Ilha Grande (BIG). Essa é uma espécie cosmopolita e aparenta ser mais bem distribuída em águas frias como Japão e Austrália (KOTT, 1985; LOCKE, 2009; SHENKAR & SWALLA, 2011). Embora, no Brasil, tenham sido registrados exemplares dessa espécie em São Paulo (DIAS *et al.*, 2013) e em Arraial do Cabo (CZFFP-UERJ, ainda não publicados). Dessa forma, este estudo apresenta a primeira ocorrência documentada dessa espécie na região da BIG, onde foram coletados aproximadamente 25 exemplares em três das 5 localidades estudadas na BIG, tanto em substrato natural quanto artificial. Considerando que a região possui um histórico de coletas abrangendo mais de uma década, podemos avaliar essa ocorrência como introduções recentes na região. Além disso, o estudo considerou uma faixa temporal atual de 2022-2023, levando em conta a ocorrência de três anos consecutivos do fenômeno La Niña (COLUSSI *et al.*, 2022; CABRINI *et al.*, 2022). Esse fenômeno, caracterizado pelo

resfriamento das águas do oceano Pacífico, tem o potencial de afetar as condições climáticas globais, e, por consequência, a distribuição das espécies, incluindo as ascídias, como as espécies *Ciona robusta* e *Rhodosoma turcicum* (Barboza & Skinner, 2022). A espécie *C. robusta*, por exemplo, voltou a ser registrada na BIG no presente estudo após longos anos sem apresentar ocorrência na região, justamente durante o último período de La Niña. Também chamou a atenção a presença da espécie *Microcosmus squamiger* em três das quatro regiões estudadas, com exceção do Sul da Bahia (SBA). Essa espécie é original da Austrália (RIUS & TURON, 2008) e foi registrada em locais onde também foram encontradas *M. exasperatus*. As duas espécies são semelhantes, com distinção principalmente na forma dos espinhos dos sifões (MASTROTOTARO & DAPPIANO, 2008). *M. squamiger* já foi relatada em outros locais do mundo como um potencial competidor com espécies de bivalves em fazendas marinhas (RODRIGUEZ & IBARRA-OBANDO, 2008; RIUS *et al.*, 2009; CHEBBI *et al.*, 2010; ALI *et al.*, 2014), o que pode vir a ser preocupante para região leste do RJ, dada a presença de áreas destinadas à produção de vieiras e outros mariscos.

Das espécies que foram registradas presentes nas quatro regiões, *Didemnum granulatum* Tokioka, 1954, *Didemnum ligulum* Monniot F., 1983, *Didemnum rodriguesi* Rocha & Monniot F., 1993, *Euherdmania fasciculata* Monniot F., 1983, *Microcosmus exasperatus* Heller, 1878, *Styela canopus* (Savigny, 1816), *Trididemnum orbiculatum* (Van Name, 1902), a maioria é criptogênica. As espécies *M. exasperatus* e *D. granulatum* possuem uma distribuição ampla e global por todo o litoral do Atlântico ocidental, Mar Mediterrâneo, África do Sul, Golfo do México, Austrália e Japão (TOKIOKA, 1954; KOTT, 2001; RIUS & TURON, 2008; ROCHA *et al.*, 2013; RAMOS-ESPLA *et al.*, 2013; PALOMINO-ALVAREZ *et al.*, 2019). As espécies *D. ligulum* e *D. rodriguesi*, apesar de classificadas como criptogênicas, demonstram uma distribuição mais restrita que outras espécies classificadas da mesma forma como *P. nigra* e *M. exasperatus*, abrangendo áreas costeiras desde o Brasil até outras localidades como a África do Sul, Vietnã, Papua Nova Guiné e Nova Caledônia (ROCHA & MONNIOT, 1995; MONNIOT, 1995; MONNIOT & MONNIOT, 2001; LOTUFO, 2002; RITZMANN *et al.*, 2009; MONNIOT, 2010). A espécie *S. canopus*, com registros de introdução globais, é considerada um complexo de espécies crípticas devido à sua ampla distribuição e morfologia externa variável e a semelhança de dados genéticos (BARROS & ROCHA, 2021). No âmbito desse trabalho foram classificadas como *S. canopus* todas as que possuíram as características condizentes

com a descrição desse organismo para o Brasil (RODRIGUES *et al.*, 1998; LOTUFO, 2002).

As espécies *E. fasciculata* e *T. orbiculatum* são consideradas nativas para esse trecho do Atlântico (LOTUFO, 2002) e foram as únicas nativas encontradas nas quatro regiões selecionadas. Outras espécies nativas que tiveram uma distribuição em pelo menos três das regiões estudadas no presente estudo foram: *Didemnum galacteum* Lotufo & Dias, 2007, *Leptoclinides latus* Monniot F., 1983, *Symplegma rubra* Monniot C., 1972, essas espécies possuem distribuições mais restritas ao Atlântico tropical, embora *S. rubra* seja reconhecida como invasora em outros litorais, como em Galápagos (LAMBERT, 2019). Além disso, algumas regiões apresentaram espécies nativas exclusivas, como as espécies *Didemnum speciosum* (Herdman, 1886), *Euherdmania vitrea* Millar, 1961 que tiveram sua distribuição limitada a região da BIG. *Didemnum speciosum* já foi registrada anteriormente para São Paulo, Bahia, Rio de Janeiro, Ceará e Maranhão (MILLAR, 1997; LOFUTO, 2002; DIAS *et al.*, 2013), enquanto *E. vitrea* teve sua distribuição mais limitada entre Santa Catarina, São Paulo e Rio de Janeiro (ROCHA *et al.*, 2005; DIAS *et al.*, 2013). A BL apresentou uma única espécie nativa exclusiva, *Polysyncraton cabofriense* Oliveira & Rocha, 2019, e ela foi descrita recentemente e foi encontrada próxima a mesma região onde foi descrita por Oliveira & Rocha, 2019. Na região da ES não foi encontrada nenhuma espécie nativa que ocorreu apenas nesta região.

No SBA, onde a maior parte das coletas ocorreram em recifes de corais, os resultados foram interessantes, dentre todas as regiões essa foi a que apresentou a maior riqueza proporcional de espécies nativas em relação às espécies exóticas. Esse resultado pode indicar uma maior dificuldade para espécies exóticas se instalarem na região, seja por transporte passivo mediado por atividades humanas, seja pelas condições ambientais que caracterizam a região. Apesar disso, essa área não ficou isenta de espécies exóticas contando com a presença de um membro da família Styelidae (*S. canopus*), um da família Pyuridae (*P. gangelion*) e um Polycitoridae (*E. carolinense*). A maioria das espécies encontradas nessa região foram da ordem Aplousobranchia (mais de 71% dos táxons) e Stolidobranchia (29%), sem nenhum representante da ordem Phlebobranchia. Esses resultados são condizentes com outros levantamentos em regiões de recife de corais, onde a ordem Aplousobranchia costuma ser mais abundante nesse ambiente (ERWIN *et al.*, 2014). Em relação às famílias, Didemnidae (8) (ver Apêndice, Figura 24) e Polycitoridae (5), respectivamente, foram as que tiveram mais representantes. Dideminideos e

Policitorideos, principalmente *Eudistoma*, costumam ser os táxons mais diversos no litoral nordeste do Brasil (JIMENEZ *et al.*, 2003; AMARAL *et al.*, 2010; PAIVA *et al.*, 2015). Apesar disso, quatro outras famílias também estiveram presentes: Euherdmaniidae, Styelidae, Stomozoidae e Pyuridae, apesar dessa última não ser tão comum nesse tipo de ambiente (MONNIOT *et al.*, 1991). A única espécie exclusiva nessa região foi *Stomozoa gigantea* (Van Name, 1921), considerada nativa, e abundante nos recifes subaquáticos do Nordeste do Brasil (OLIVEIRA SOARES *et al.*, 2017).

Durante as análises realizadas nesta pesquisa na zona de transição entre as regiões Atlântico Tropical e Temperada-Quente, não identificamos uma clara segregação na composição das espécies de ascídias entre as áreas de estudo. Ainda que nossos dados de similaridade ambiental fossem de encontro as províncias estabelecidas por Spalding *et al.* (2007), nossos resultados sugerem que a diferença na composição de espécies passa a ser mais evidente a partir do Sul da Bahia, provavelmente por conta da substituição do substrato rochoso granítico pelo substrato biogênico formado por recifes de corais costeiros. No entanto, ao expandir nossa investigação para todo o Atlântico Ocidental e utilizar dados adicionais sobre a distribuição das espécies encontradas nessa zona de transição, observamos diferenças ao comparar árvores geradas com o conjunto total de espécies em relação à seleção dos dados correspondentes às espécies nativas identificadas neste estudo. Ao considerar todas as espécies, incluindo as exóticas e criptogênicas, observamos um aumento na similaridade entre as áreas, tornando grande parte do Atlântico Ocidental mais uniforme em relação à composição de espécies de ascídias. Notavelmente, o nordeste do Brasil destaca-se pela diferença na composição das espécies em comparação com outras áreas do litoral Atlântico Ocidental. Essa diferença pode se dar pelo baixo número de estudo da costa nordeste do Brasil (ROCHA *et al.*, 2005). Apesar disso, a uniformização é resultado da quebra das barreiras biogeográficas entre as províncias, mediadas por atividades antrópicas, que, a curto prazo, reduz a diversidade global, mas amplia a diversidade local (ROSENZWEIG, 2001). Quanto à diversidade biológica, a introdução de novas espécies pode aumentar localmente essa diversidade, integrando-se às comunidades existentes e adicionando variedade ao conjunto de organismos em uma área específica (DAVIS, 2003). Surge, assim, uma dicotomia entre a homogeneização das comunidades (provocada pelas espécies exóticas) e um potencial aumento da diversidade biológica em nível local (devido à introdução de novas espécies). Entretanto, a discussão sobre espécies exóticas em estudos de biogeografia é um tópico que varia dependendo do

escopo e do objetivo do estudo em questão. Em alguns casos, pesquisadores podem optar por manter as espécies exóticas, principalmente se o objetivo da pesquisa for entender a dinâmica das comunidades invasoras ou avaliar os impactos das espécies introduzidas em ecossistemas nativos (GALLIEN, & CARBONI, 2017). Para entender melhor os padrões de distribuição naturais, o que implica especialmente organismos com alto potencial de invasão como as ascídias, é necessário a exclusão de espécies exóticas (MA *et al.*, 2017).

Nossas análises de similaridade na composição de espécies, ampliadas pelos registros das espécies nativas deste estudo, estão em conformidade com estudos prévios, como os de Naranjo *et al.* (1998) e Moreno, Rocha & Farias (2014). Esses resultados evidenciam diferenças marcantes na composição de espécies entre o litoral brasileiro e a região adjacente próxima à costa leste dos Estados Unidos. Essas disparidades na composição das espécies nativas podem estar diretamente associadas a barreiras biogeográficas, como a influência da pluma de água do Rio Amazonas. Esta pluma altera a circulação característica da água, reduzindo a salinidade e aumentando a turbidez, atuando como uma barreira biogeográfica significativa para a dispersão natural de espécies bentônicas (BLOOM *et al.*, 2011). Essa condição estabelece uma separação entre as espécies marinhas ao longo da costa da Plataforma Continental do Norte, no Brasil, e as espécies presentes nas águas próximas ao Caribe e em outras áreas adjacentes do Oceano Atlântico Equatorial (GIACHINI *et al.*, 2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo revelou informações significativas e atuais sobre a distribuição e a dinâmica das ascídias ao longo de trecho importante do litoral brasileiro, enfatizando seu papel como modelos valiosos para estudos biogeográficos. A presença de espécies exóticas e nativas proporcionaram percepções cruciais sobre a influência da atividade humana na diversidade e similaridade das comunidades bentônicas.

Os resultados indicam que a presença de espécies exóticas aumenta a diversidade local, mas também promove uma homogeneização em áreas com maior atividade marítima. Em contraste, as espécies nativas exibiram padrões de similaridade mais marcantes entre áreas contíguas, delineando diferenças significativas na composição das espécies.

A expansão da análise para o Atlântico Ocidental ressaltou a relevância da origem das espécies na estruturação das comunidades, destacando diferenças distintas entre o litoral brasileiro e o leste dos Estados Unidos.

Este estudo sublinha a importância de aprofundar o conhecimento sobre a ecologia, fisiologia e interações das ascídias para compreender sua distribuição, zonas de endemismos e possíveis impactos das introduções de espécies exóticas nas comunidades bentônicas. Além disso, a constatação da ausência de agrupamentos distintos de espécies de ascídias dentro das bioregiões estabelecidas para o litoral brasileiro aponta para a complexidade dos fatores que influenciam a distribuição desses organismos.

Portanto, enfatiza-se a necessidade contínua de pesquisas e de monitoramento para uma gestão eficaz e sustentável dos ecossistemas costeiros, visando à conservação da biodiversidade marinha diante das mudanças ambientais globais que constantemente alteram os padrões de distribuição de espécies marinhas.

REFERÊNCIAS

ALBINO J, GIRARDI G, NASCIMENTO KA. 2006. Espírito Santo. Erosão e progradação do litoral brasileiro. Brasília: MMA, 227-264.

ALI H, TAMILSELVI M, SIVAKUMAR V. 2014. Non-indigenous ascidians in VO Chidambaram port, Thoothukudi, India. Indian Journal of Geo-Marine Sciences, 43(11), 2147-2157.

AMARAL FMD, FARRAPEIRA CMR, LIRA SMA, RAMOS CAC, DOM R. 2010. Benthic macrofauna inventory of two shipwrecks from Pernambuco coast, northeastern of Brazil. Revista Nordestina de Zoologia, 4(1), 24-41.

ANDRADE ACS, DOMINGUEZ JML. 2002. Informações geológico-geomorfológicas como subsídios à análise ambiental: o exemplo da planície costeira de Caravelas-Bahia. Boletim Paranaense de Geociências, 51, 9-17, Editora UFPR.

ANTAQ. Relatório Anual da Agência Nacional de Transportes Aquaviários 2022. Brasília, DF: ANTAQ, 2023. Disponível em: [https://www.gov.br/antag/pt-br/acesso-a-informacao/prestacao_de_contas/relatorio-de-gestao/relatorio_de_gestao_2022___v-final.pdf]. Acesso em: 26 de dezembro de 2023.

ARANTES RCM, SEOANE JCS. 2017. Base de dados em SIG aplicada à modelagem ambiental em recifes de coral: Recife de Fora, Porto Seguro, Bahia, Brasil. Revista Brasileira de Cartografia, (69/9), 1831-1856.

ASSIS J, TYBERGHEIN L, BOSCH S, VERBRUGGEN H, SERRÃO EA, CLERCK O. 2018. Bio-ORACLE v2. 0: Estendendo camadas de dados marinhos para modelagem bioclimática. Ecologia Global e Biogeografia, 27 (3), 277-284.

AUED AW, SMITH F, QUIMBAYO JP, CANDIDO DV, LONGO GO, FERREIRA CE, WITMAN JD, FLOETER SR, SEGAL B. 2018. Large-scale patterns of benthic marine communities in the Brazilian Province. PLoS ONE 13(6):e0198452.

BARBIERI, E.B.,1984. Cabo Frio e Iguaba Grande: dois microclimas distintos a um curto intervalo espacial. In: Lacerda LD, Araújo DSD, Cerqueira R, Turq B (Eds). Restingas: Origem, Estruturas, Processos. CEUFF, Niterói.

BARBIERI E.B., 1999. Origin and evolution of Quaternary coastal pollen between Guaratiba and Cape Frio, State of Rio de Janeiro, Brazil. In: Knoppers BA, Bidone ED, Abrão JJ (Eds.). Environmental Geochemistry of Coastal Lagoon System of Rio de Janeiro Brazil. Série Geoquímica Ambiental, 6: 47-56.

BARBOZA DF. 2023. Biodiversidade e vulnerabilidade de ascidiacea no litoral do Rio de Janeiro frente aos cenários de introdução de espécies e mudanças climáticas. Teses e Dissertações, Programa de Pós Graduação em Oceanografia. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, UERJ.

BARBOZA DF, SKINNER LF. 2021.The spread of the introduced ascidians *Ciona robusta* Hoshino, Tokioka, 1967 and *Rhodosoma turcicum* (Savigny, 1816) in the southwestern Atlantic. Ocean and Coastal Research, 69, e21001.

BARROS RC, DA ROCHA, RM. 2021. Genetic analyses reveal cryptic diversity in the widely distributed *Styela canopus* (Ascidiacea: Styelidae). Invertebrate Systematics, 35(3), 298-311.

BIRCHENOUGH SN, REISS H, DEGRAER S, MIESZKOWSKA N, BORJA Á, BUHL-MORTENSEN L, WÄTJEN K. 2015. Climate change and marine benthos: a review of existing research and future directions in the North Atlantic. Wiley interdisciplinary reviews: Climate Change, 6(2), 203-223.

BISSOLI LB, BERNADINHO AF. 2018. Benthic macrofaunal structure and secondary production in tropical estuaries on the Eastern Marine Ecoregion of Brazil. PeerJ, 6, e4441.

BLOOM DD, LOVEJOY NR, ALBERT JS, REIS RE. 2011. The biogeography of marine incursions in South America. Historical biogeography of Neotropical freshwater fishes, 137-144.

BRUNO JF, WITMAN JD. 1996. Defense mechanisms of scleractinian cup corals against overgrowth by colonial invertebrates. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 207(1-2), 229-241.

CABRINI S, COLUSSI J, SCHNITKEY G. 2022. Third consecutive La Niña? What to Expect from Soybean Yields in the United States, Brazil and Argentina. Farmdoc Daily, 12(75).

CHADWICK NE, MORROW KM. 2011. Competition among sessile organisms on coral reefs. Coral reefs: an ecosystem in transition, 347-371.

CHANGYUN W, HAIYAN L, CHANGLUN S, YANAN W, LIANG L, HUASHI G. 2008. Chemical defensive substances of soft corals and gorgonians. Acta Ecologica Sinica, 28(5), 2320-2328.

CHEBBI N, MASTROTOTARO F, MISSAOUI H. 2010. Spatial distribution of ascidians in two Tunisian lagoons of the Mediterranean Sea. Cahiers de Biologie Marine, 51(2), 117.

CHEN Y, GAO Y, HUANG X, LI S, ZHAN A. 2021. Local environment-driven adaptive evolution in a marine invasive ascidian (*Molgula manhattensis*). Ecology and Evolution, 11(9), 4252-4266, 2021.

COE HHG, ALEXANDRE A, CARVALHO CN. Les Phytolithes, Indicateurs de l'Évolution de la Végétation Xérophile de Búzios, Rio de Janeiro, Brésil, pendant le Quaternaire. Congrès de l'Ecole Doctorale de Sciences de l'Environnement, 2007. Marseille, France, 2007.

COE HHG, CARVALHO CN. 2013. Cabo Frio - um enclave semiárido no litoral úmido do estado do Rio de Janeiro: respostas do clima atual e da vegetação pretérita. *GEOUSP Espaço e Tempo (Online)*, 17.1, 136-152.

COELHO ALN, GOULART ACO, BERGAMASCHI RB, TEUBNER JR. 2012. Mapeamento geomorfológico do estado do Espírito Santo. Vitória: IJSN.

COLUSSI J, SCHNITKEY G, CABRINI S. 2022. What to expect as corn yields face a third straight La Niña. *Farmdoc Daily*, 12(102).

CORD I, NUNES LT, BARROSO CX, FREIRE AS, GADIG OB, GOMES PB, FLOETER SR. 2022. Brazilian marine biogeography: A multi-taxa approach for outlining sectorization. *Marine Biology*, 169(5), 61.

COSTA BH, ASSIS J, FRANCO G, ERZINI K, HENRIQUES M, GONÇALVES EJ, CASELLE JE. 2014. Tropicalization of fish assemblages in temperate biogeographic transition zones. *Marine Ecology Progress Series*, 504, 241-252.

CREED JC, PIRES DO, FIGUEIREDO MAO. 2007. Biodiversidade Marinha da Baía da Ilha Grande. Série Biodiversidade 23. Brasília: MMA/SBF, 417 p.

DANTAS ME, MEDINA AIDM, SHINZATO E. 2002. Geomorfologia da costa do descobrimento-extremo sul da Bahia: municípios de Porto Seguro e Santa Cruz Cabrália. *Augustus*, Rio de Janeiro, 07(14), 41-47.

DAVIS MA. 2003. Biotic globalization: does competition from introduced species threaten biodiversity? *Bioscience*, 53(5), 481-489.

DAWSON, MN. 2001. Phylogeography in coastal marine animals: a solution from California? *Journal of Biogeography*, 28(6), 723-736.

DIAS GM, ROCHA RM, LOTUFO TMDC, KREMER LP. 2013. Fifty years of ascidian biodiversity research in São Sebastião, Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 93(1), 273-282.

DIJKSTRA JA, SIMKANIN C. 2016. Intraspecific response of colonial ascidians to variable salinity stress in an era of global change. *Marine Ecology Progress Series*, 551, 215-225.

EPELBAUM A, HERBORG LM, THERRIAULT TW, PEARCE CM. 2009. Temperature and salinity effects on growth, survival, reproduction, and potential distribution of two non-indigenous botryllid ascidians in British Columbia. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 369(1), 43-52.

ERWIN PM, PINEDA MC, WEBSTER N, TURON X, LOPEZ-LEGENTIL S. 2014. Down under the tunic: bacterial biodiversity hotspots and widespread ammonia-oxidizing archaea in coral reef ascidians. *The ISME Journal*, 8(3), 575-588.

FERNANDEZ GB, MUEHE D. 1998. A influência de sedimentos fluviais na morfologia da praia e antepraia no embaiamento Rio das Ostras - Cabo Búzios - (RJ). *Geosul*, 14 (27), 200-203.

FERNANDEZ GB, PEREIRA TG, MUEHE D, ROCHA TB. 2006. Aplicação de critérios morfodinâmicos na diferenciação de setores ao longo do arco praial entre Cabo Frio e Arraial do Cabo-RJ. 6th Simpósio Nacional de Geomorfologia-SINAGEO.

FERRO I, MORRONE JJ. 2014. Biogeographical transition zones: a search for conceptual synthesis. *Biological Journal of the Linnean Society*, 113(1), 1-12.

FIGUEIREDO MAO, TÂMEGA FTS. 2007. Capítulo 6. Macroalgas Marinhas. In: Creed JC, Pires DO, Figueiredo MAO. (Orgs.) Biodiversidade Marinha da Baía da Ilha Grande. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, pp. 155–180.

FLOETER SR, BENDER MG, SIQUEIRA AC, COWMAN PF. 2018. Phylogenetic perspectives on reef fish functional traits. *Biological Reviews*, 93(1), 131-151.

FREDSTON-HERMANN A, GAINES SD, HALPERN BS. 2018. Biogeographic constraints to marine conservation in a changing climate. *Annals of the New York Academy of Sciences*, v. 1429, n. 1, p. 5-17.

GALLIEN L, CARBONI M. 2017. A ecologia comunitária de espécies invasoras: onde estamos e o que vem a seguir? *Ecografia*, 40(2), 335-352.

GAMBA GA. 2013. Ascídias (Tunicata, Ascidiacea) do Espírito Santo, Brasil. Teses e Dissertações, Programa de Pós-Graduação em Zoologia. Universidade Federal do Paraná, repositório Institucional da UFPR.

GIACHINI TOSETTO E, BERTRAND A, NEUMANN-LEITÃO S, NOGUEIRA JÚNIOR M. 2022. The Amazon River plume, a barrier to animal dispersal in the Western Tropical Atlantic. *Scientific Reports*, 12(1), 537.

GUÉNARD G, LEGENDRE P. 2022. Hierarchical clustering with contiguity constraint in R. *Journal of Statistical Software*, 103, 1-26.

HADIYANTO H, HOVEY RK, GLASBY CJ, PRINCE J. 2021. Marine ecoregions and subecoregions within Indo-West Australian waters: a statistical approach based on species distributions. *Journal of Biogeography*, 48(9), 2246-2257.

HENRIQUES S, CARDOSO P, CARDOSO I, LABORDE M, CABRAL HN, VASCONCELOS RP. 2017. Processes underpinning fish species composition patterns in estuarine ecosystems worldwide. *Journal of Biogeography*, 44(3), 627-639.

HORTA P, PINHO PF, GOUVÊA L, GRIMALDI G, DESTRI G, MUELLER CM, COTRIM LC. 2020. Climate Change and Brazil's coastal zone: socio-environmental vulnerabilities and action strategies. *Sustainability in Debate/Sustentabilidade em Debate*, (3).

HORTA PA, AMANCIO E, COIMBRA CS, OLIVEIRA ECD. 2001. Considerações sobre a distribuição e origem da flora de macroalgas marinhas brasileiras. *Hoehnea*, 28(3), 243-265.

HUGUENIN L, SALANI S, LOPES MF, ALBANO RM, HAJDU E, ESTEVES EL. 2018. Integrative taxonomy of *Hemimycale* (Hymedesmiidae: Poecilosclerida: Demospongiae) from Southeastern Brazil, with the description of two new species. *Zootaxa*, 4442(1), 137-152.

INEA - Instituto Estadual do Ambiente. 2015. Diagnóstico do setor costeiro da Baía Da Ilha Grande. Subsídios à elaboração do zoneamento ecológico-econômico costeiro. Subsídios à elaboração do zoneamento ecológico-econômico costeiro. Volume 1. 242pp. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mdcz/~edisp/inea0073532.pdf>> Acessado em: 12 Nov. 2019.

JIMENEZ PC, FORTIER SC, LOTUFO TM, PESSOA C, MORAES MEA, DE MORAES MO, COSTA-LOTUFO LV. 2003. Biological activity in extracts of ascidians (Tunicata, Ascidiacea) from the northeastern Brazilian coast. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 287(1), 93-101.

KJERFVE B, DIAS GT, FILIPPO A, GERALDES MC. 2021. Oceanographic and environmental characteristics of a coupled coastal bay system: Baía de Ilha Grande-Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brazil. *Regional Studies in Marine Science*, 41, 101594.

KOTT P. 1974. The evolution and distribution of Australian tropical Ascidiacea. In: *Proceedings of the eight international coral reef symposium*, vol 1, pp 405–423.

KOTT P. 1985. The Australian Ascidiacea. Part 1, Phlebobranchia e Stolidobranchia. *Memoirs of the Queensland Museum*, 23, 1-400.

KOTT P. 2001. The Australian Ascidiacea. Part 4, Aplousobranchia (3), Didemnidae. *Memoirs of the Queensland Museum*, 47 (1), 1–407.

LAFFAN SW, LUBARSKY E, ROSAUER DF. 2010. Biodiverse, a tool for the spatial analysis of biological and related diversity. *Ecography*, 33(4), 643-647.

LAMBERT G. 2003. New records of ascidians from the NE Pacific: a new species of *Trididemnum*, range extension and redescription of *Aplidiopsis pannosum* (Ritter, 1899) including its larva, and several non-indigenous species. *Zoosystema-Paris*, 25(4), 665-680.

LAMBERT G. 2005. Ecology and natural history of the protochordates. *Canadian Journal of Zoology* 83: 34-50. <https://doi.org/10.1139/z04-156>.

LAMBERT G. 2006. Invasive sea squirts: a growing global problem. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 342(1): 3–4. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2006.10.009>.

LAMBERT G. 2019. Fouling ascidians (Chordata: Ascidiacea) of the Galápagos: Santa Cruz and Baltra Islands. *Aquatic Invasions*, 14(1), 132-149.

LEÃO ZMDAN, DOMINGUEZ JML. 2000. Costa tropical do Brasil. *Marine Pollution Bulletin*, 41(1-6), 112-122.

LINS DM, DE MARCO JRP, ANDRADE AF, ROCHA RM. 2018. Predicting global ascidian invasions. *Diversity and Distributions*, 24(5), 692-704.

LOCKE A. 2009. A screening procedure for potential tunicate invaders of Atlantic Canada. *Aquatic Invasions*, 4(1), 71-79.

LOCKE A, CARMAN M. 2009. Adventures of a sea squirt sleuth: unraveling the identity of *Didemnum vexillum*, a global ascidian invader. *Aquatic Invasions*, 4(1), 5-28.

LONGO LDL, AMADO-FILHO GM. 2014. O conhecimento da fauna marinha bentônica brasileira através dos tempos. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, 21, 995-1010, 2014.

LOTUFO TMC. 2002. Ascidiacea (Chordata: Tunicata) do litoral tropical brasileiro. Tese de Doutorado, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP, Brasil. <https://doi.org/10.11606/T.41.2002.tde-21052002-125049>.

MA KC, DEIBEL D, LAW KK, AOKI M, MCKENZIE CH, PALOMARES ML. 2017. Richness and zoogeography of ascidians (Tunicata: Ascidiacea) in eastern Canada. *Canadian Journal of Zoology*, 95(1), 51-59.

MACHADO AP. 2001. Geomorfologia, tipologia, vulnerabilidade erosiva e ocupação urbana das praias do litoral do Espírito Santo, Brasil. *Geografares*, (2).

MAGRIS RA, COSTA MD, FERREIRA CE, VILAR CC, JOYEUX JC, CREED JC, FLOETER SR. 2021. A blueprint for securing Brazil's marine biodiversity and supporting the achievement of global conservation goals. *Diversity and Distributions*, 27(2), 198-215.

MANTELATTO MC, CRUZ ICS, CREED JC. 2018. A review of the knowledge of shallow subtidal benthic communities in Brazil. *Marine Environmental Research*, 140, 69-77.

MASTROTOTARO F, DAPPIANO M. 2008. New record of the non-indigenous species *Microcosmus squamiger* (Ascidiacea: Stolidobranchia) in the harbour of Salerno (Tyrrhenian Sea, Italy). *Marine Biodiversity Records*, 1, e12.

MELO EPD, SIMIAO-FERREIRA J, MELO HPD, GODOY BS, DAUD RD, BASTOS RP, SILVA DP. 2021. Exotic species are perceived more than native ones in a megadiverse country as Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 93.

MIGOTTO AE, SILVEIRA FLD, SCHLENZ E, PIRES DDO, CASTRO CB, MARQUES AC. 1998. Invertebrados marinhos registrados no litoral brasileiro: lista do Cnidaria

registrados na costa brasileira. [recurso eletrônico]. [S.l.]: Centro de Biologia Marinha, Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://www.bdt.fat.org.br/zoologia/cnidarios/>.

MILLAR RH. 1977. Ascidians (Tunicata: Ascidiacea) from the northern and north-eastern Brazilian Shelf. *Journal of Natural History*, 11: 169-223.

MONNIOT F, MONNIOT C. 2001. Ascidians from the tropical western Pacific (pp. 201-383). *Publications Scientifique du Museum, Paris*.

MONNIOT F. 1995. Ascidies de Nouvelle-Caledonie. 15. Le genre *Didemnum*. *Bulletin du Muséum National D'Histoire*.

MONNIOT F. 2010. Some new data on tropical western Pacific ascidians. *Zootaxa*, 2561(1), 1-29.

MONNIOT C, MONNIOT F, LABOUTE P. 1991. Coral reef ascidians of New Caledonia (No. 30). IRD Editions.

MORENO TR, FARIAS SB, ROCHA RM. 2014. Biogeography of Atlantic and Mediterranean ascidians. *Marine Biology*, v. 161, p. 2023-2033, 2014.

MORRONE JJ. 2004. La Zona de Transición Sudamericana: caracterización y relevancia evolutiva. *Acta Entomológica Chilena* 28: 41–50.

MUEHE D, FERNANDEZ GB, BULHÕES EMR, DE AZEVEDO IF. 2011. Avaliação da vulnerabilidade física da orla costeira em nível local, tomando como exemplo o arco praial entre Rio das Ostras e o Cabo Búzios/RJ. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 12, 2, 45-58.

NANGLU K, LEROSEY-AUBRI R, WEAVER JC, ORTEGA-HERNÁNDEZ J. 2023. A mid-Cambrian tunicate and the deep origin of the ascidiacean body plan. *Nature Communications*, 14(1), 3832.

NARANJO S, CARBALLO JL, GARCÍA-GÓMEZ JC. 1998. Towards a knowledge of marine boundaries using ascidians as indicators: characterising transition zones for species distribution along Atlantic-Mediterranean shores. *Biological Journal of the Linnean Society*, 64(2), 151-177.

NOCE CM, PEDROSA SOARES AC, SILVA LCD, ALKMIN, FFD. 2007. O Embasamento Arqueano e Paleoproterozóico do Orógeno Araçuaí.

OKSANEN J, SIMPSON G, BLANCHET F, KINDT R, LEGENDRE P, MINCHIN P, O'HARA R, SOLYMOS P, STEVENS M, SZOEC S, WAGNER H, BARBOUR M, BEDWARD M, BOLKER B, BORCARD D, CARVALHO G, CHIRICO M, DE CACERES M, DURAND S, EVANGELISTA H, FITZJOHN R, FRIENDLY M, FURNEAUX B, HANNIGAN G, HILL M, LAHTI L, MCGLINN D, OUELLETTE M, RIBEIRO CUNHA E, SMITH T, STIER A, TER BRAAK C, WEEDON J. 2022. *Vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.6-4. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>

OLIVEIRA LDM. 2014. Ascidiacea (Tunicata) da Costa da Paraíba, Nordeste, Brasil. Universidade Federal do Paraná, Repositório Institucional da UFPR.

OLIVEIRA L, HOEKSEMA, BW, ROCHA RM. 2019. *Polysyncraton* (Ascidiacea, Didemnidae): a re-examination of some specimens and descriptions of three new species. *European Journal of Taxonomy*, (519).

OLIVEIRA SOARES M, LOTUFO TMC, VIEIRA, LM, SALANI S, HAJDU E, MATTHEWS-CASCON H, ... , KIKUCHI P. 2017. Brazilian marine animal forests: a new world to discover in the Southwestern Atlantic. *Marine Animal Forests*, Springer International Publishing, Cham, 73-110.

PAIVA SV, OLIVEIRA FILHO RR, LOTUFO, TMC. 2015. Ascidians from Rocas Atoll, northeast Brazil. *Frontiers in Marine Science*, 2, 39.

PALOMINO-ALVAREZ LA, ROCHA, RM, SIMÕES N. 2019. Checklist of ascidians (Chordata, Tunicata) from the southern Gulf of Mexico. *Zookeys*, 832, 1.

POULIN R. 2003. The decay of similarity with geographical distance in parasite communities of vertebrate hosts. *Journal of Biogeography*, 30(10), 1609-1615.

PRIMO C, VAZQUEZ E. 2004 Zoogeography of the southern African ascidian fauna. *Journal of Biogeography*, 31(12), 1987-2009.

RAMOS-ESPLA AA, IZQUIERDO A, ÇINAR ME. 2013. *Microcosmus exasperatus* (Asciacea: Pyuridae), current distribution in the Mediterranean Sea. *Marine Biodiversity Records*, 6, e89.

RICHARDS SD. 1998. The effect of temperature, pressure, and salinity on sound attenuation in turbid seawater. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 103(1), 205-211.

RITZMANN NF, ROCHA RM, ROPER JJ. 2009. Sexual and asexual reproduction in *Didemnum rodriguesi* (Asciacea, Didemnidae). *Iheringia. Série Zoologia*, 99, 106-110.

RIUS M, PASCUAL M, TURON X. 2008. Phylogeography of the widespread marine invader *Microcosmus squamiger* (Asciacea) reveals high genetic diversity of introduced populations and non-independent colonizations. *Diversity and Distributions*, 14(5), 818-828.

RIUS M, PASCUAL M, TURON X. 2009. Phylogeography of the widespread marine invader *Microcosmus squamiger* (Asciacea) reveals high genetic diversity of introduced populations and non-independent colonizations. *Diversity and Distributions*, 14(5), 818-828.

ROCHA, RM, MONNIOT F. 1995. Taxonomic and ecological notes on some *Didemnum species* (Asciacea, Didemnidae) for São Sebastião Channel, south-east Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, Rio de Janeiro, 55 (4):639-649.

ROCHA RM, LOTUFO TCM, BONECKER S, OLIVEIRA LM, SKINNER LF, CARVALHO PF, SILVA PCA. 2023. A Synopsis of Tunicata Biodiversity in Brazil. *Zoologia*, (aceito: 01/11/2023).

ROCHA RM, MORENO TR, METRI R. 2005. Ascídias da reserva biológica marinha do Arvoredo, SC. *Revista Brasileira de Zoologia* 22, 461–476.

ROCHA RMD, ZANATA TB, MORENO TR. 2012. Keys for the identification of families and genera of Atlantic shallow water ascidians. *Biota Neotropica*, 12, 269-303.

RODRIGUES, SA, ROCHA RM, LOTUFO TMC. 1998. Guia ilustrado para identificação das ascídias do estado de São Paulo São Paulo, Fapesp, Parma. 190p.

RODRIGUEZ LF, IBARRA-OBANDO SE. 2008. Cover and colonization of commercial oyster (*Crassostrea gigas*) shells by fouling organisms in San Quintin Bay, Mexico. *Journal of Shellfish Research*, 27(2), 337-343.

ROSENZWEIG ML. 2001. The four questions: what does the introduction of exotic species do to diversity? *Evolutionary Ecology Research*, 3(3), 361-367.

SÁ-DECHOUM M, SÜHS RB, MELO FS, ZILLER, SR. 2021. Distribution of invasive alien species in Brazilian ecoregions and protected areas. *Invasive Alien Species: Observations and Issues from Around the World*, 4, 24-42.

SAGARIN RD, GAINES SD. 2002. The ‘abundant centre’ distribution: to what extent is it a biogeographical rule? *Ecology letters*, 5(1), 137-147.

SBROCCO EJ, BARBER PH. 2013. MARSPEC: ocean climate layers for marine spatial ecology: *Ecological Archives* E094-086. *Ecology*, 94(4), 979-979.

SEGOVIA NI, GONZÁLEZ-WEVAR CA, HAYE PA. 2020. Signatures of local adaptation in the spatial genetic structure of the ascidian *Pyura chilensis* along the southeast Pacific coast. *Scientific Reports*, 10(1), 14098.

SHENKAR N, SWALLA BJ. 2011. Diversidade global de Ascidiacea. *Plos One*, 6 (6), e20657.

SHENKAR N, GITTENBERGER A, LAMBERT G, RIUS M, ROCHA RM, SWALLA BJ, TURON X. 2023. Ascidiacea World Database. Available from <http://www.marinespecies.org/ascidiacea>

SKINNER LF, BARBOZA DF, ROCHA RM. 2016. Rapid Assessment Survey of introduced ascidians in a region with many marinas in the southwest Atlantic Ocean, Brazil. *Management of Biological Invasions*, 7(1), 13–20. <https://doi.org/10.3391/mbi.2016.7.1.03>.

SKINNER LF, MACHARET HKL, COUTINHO R. 2011. Influence of upwelling and tropical environments on the breeding development of the intertidal barnacle *Tetraclita stalactifera* (Lamarck, 1818). *Brazilian Journal of Oceanography*, 59, 349-356.

SPALDING MD, FOX HE, ALLEN GR, DAVIDSON N, FERDAÑA ZA, FINLAYSON MAX, ROBERTSON J. 2007. Marine ecoregions of the world: a bioregionalization of coastal and shelf areas. *BioScience*, 57(7), 573-583.

TOKIOKA T. 1954. Contributions to Japanese ascidian fauna. VII. Invertebrate fauna of the intertidal zone of the Tokara Islands. VII. Ascidians. *Publications of the Seto Marine Biological Laboratory*, 3 (3), 239–264.

TYBERGHEIN L, VERBRUGGEN H, PAULY K, TROUPIN C, MINEUR F, DE CLERCK O. 2012. Bio-ORACLE: a global environmental dataset for marine species distribution modelling. *Global ecology and biogeography*, 21(2), 272-281, 2012.

UTHICKE S, THOMPSON A, SCHAFFELKE B. 2010. Effectiveness of benthic foraminiferal and coral assemblages as water quality indicators on inshore reefs of the Great Barrier Reef, Australia. *Coral Reefs*, 29, 209-225.

VALENTIN JL. 2001. The Cabo Frio upwelling system, Brazil. In: *Coastal marine ecosystems of Latin America* (pp. 97-105). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

VICTORERO L, SAMADI S, O'HARA TD, MOUCHET M, DELAVENNE J, LEPRIEUR, F, LEROY, B. 2023. Global benthic biogeographical regions and macroecological drivers for ophiuroids. *Ecography*, 2023(9), e06627.

VIEIRA FAZ, SANTOS DTV, BRAGAGNOLO C, CAMPOS-SILVA JV, CORREIA RAH, JEPSON P, LADLE RJ. 2021. Social media data reveals multiple cultural services along the 8.500 kilometers of Brazilian coastline. *Ocean, Coastal Management*, 214, 105918.

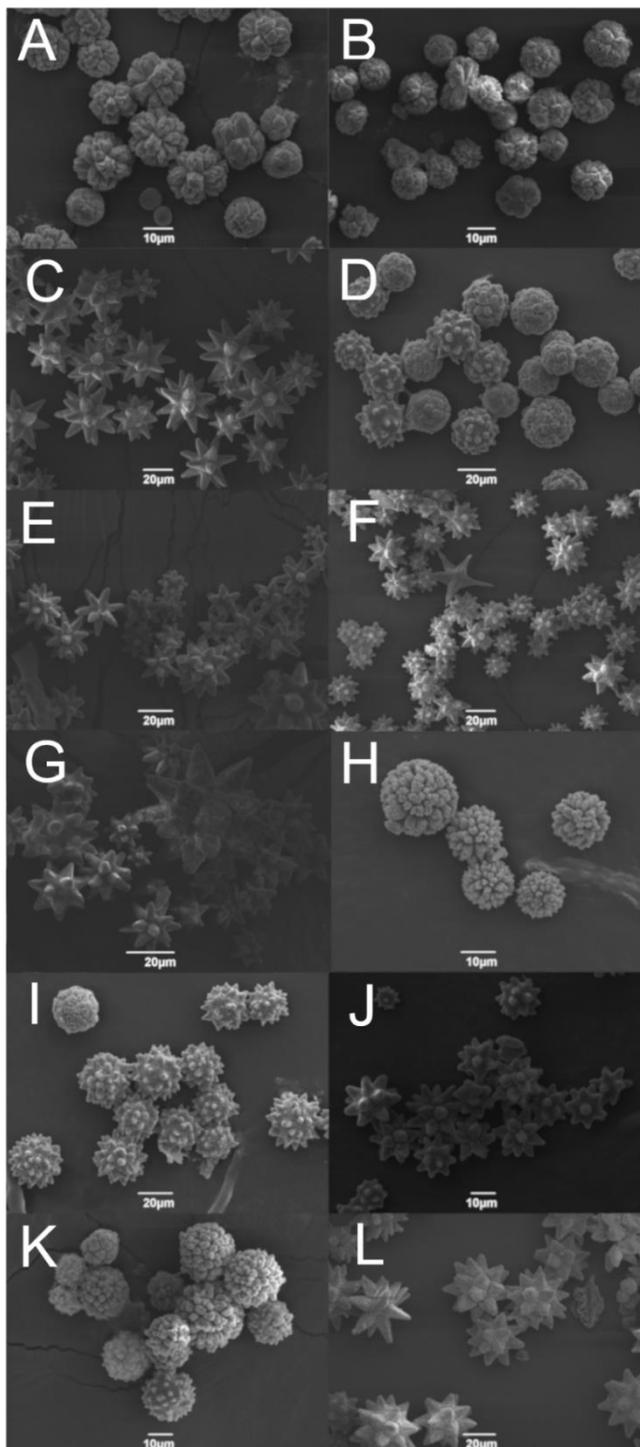
WOOLLEY SN, FOSTER SD, BAX NJ, CURRIE JC, DUNN DC, HANSEN C, DUNSTAN PK. 2020. Bioregions in marine environments: combining biological and environmental data for management and scientific understanding. *BioScience*, 70(1), 48-59.

ZHAN A, BRISKI E, BOCK DG, GHABOOLI S, MACISAAC HJ. 2015. Ascidians as models for studying invasion success. *Marine Biology*, 162:2449-2470. <https://doi.org/10.1007/s00227-015-2734-5>.

ZHANG Z, CAPINHA C, KARGER DN, TURON X, MACISAAC HJ, ZHAN A. 2020. Impacts of climate change on geographical distributions of invasive ascidians. *Marine Environmental Research*, 159:104993. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.104993>.

APÊNDICE

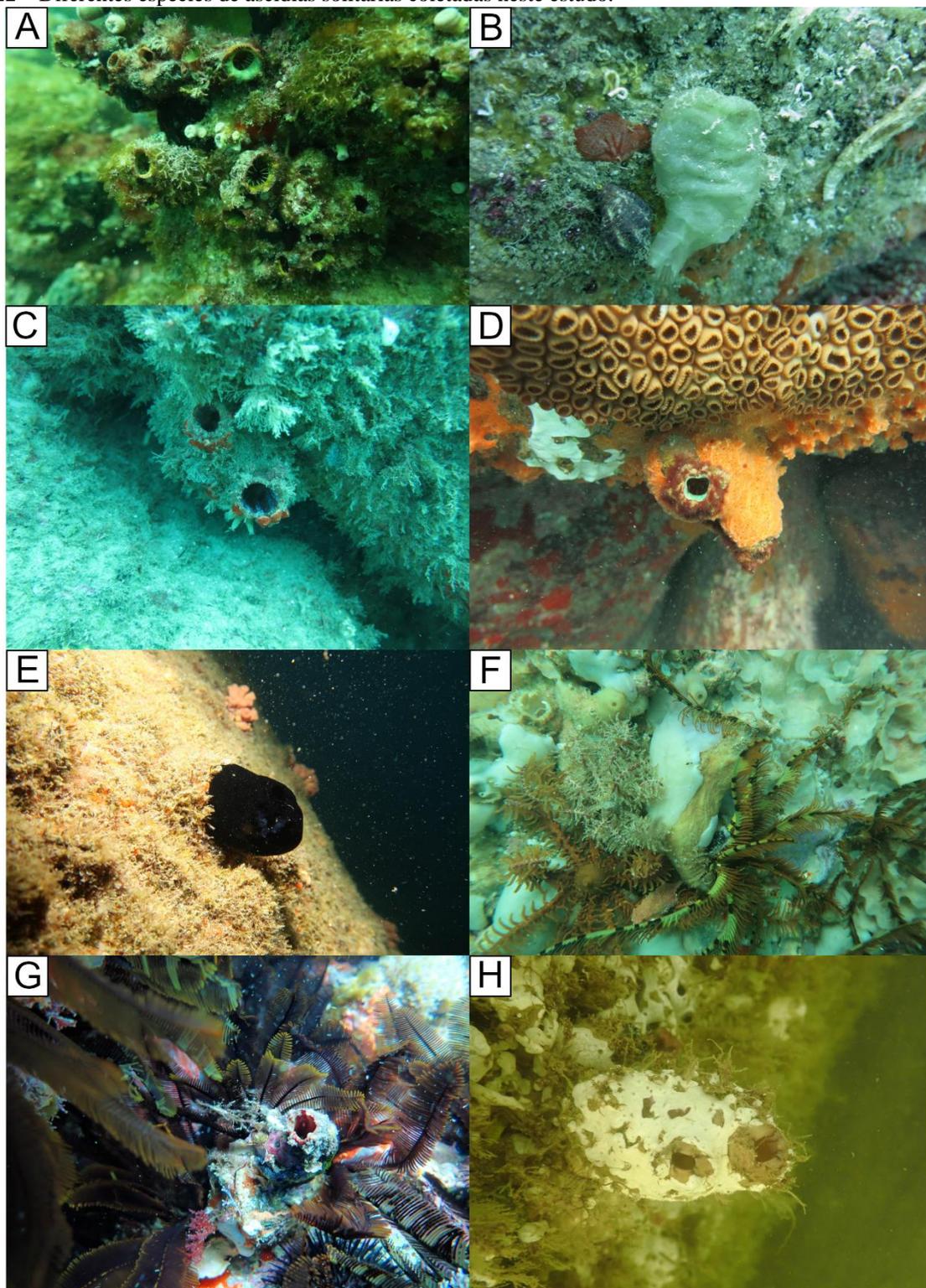
Figura 21 – Espículas calcárias de diferentes espécies de ascídias coletadas neste estudo.



Legenda: (A) *Didemnum duplicatum*; (B) *Didemnum galacteum*; (C) *Didemnum granulatum*; (D) *Didemnum ligulum*; (E) *Didemnum rodriguesi*; (F) *Didemnum speciosum*; (G) *Didemnum* sp.; (H) *Lissoclinum fragile*; (I) *Leptoclinides latus*; (J) *Polysyncraton cabofriense*; (K) *Polysyncraton amethysteum*; (L) *Trididemnum orbiculatum*.

Fonte: O autor, 2024.

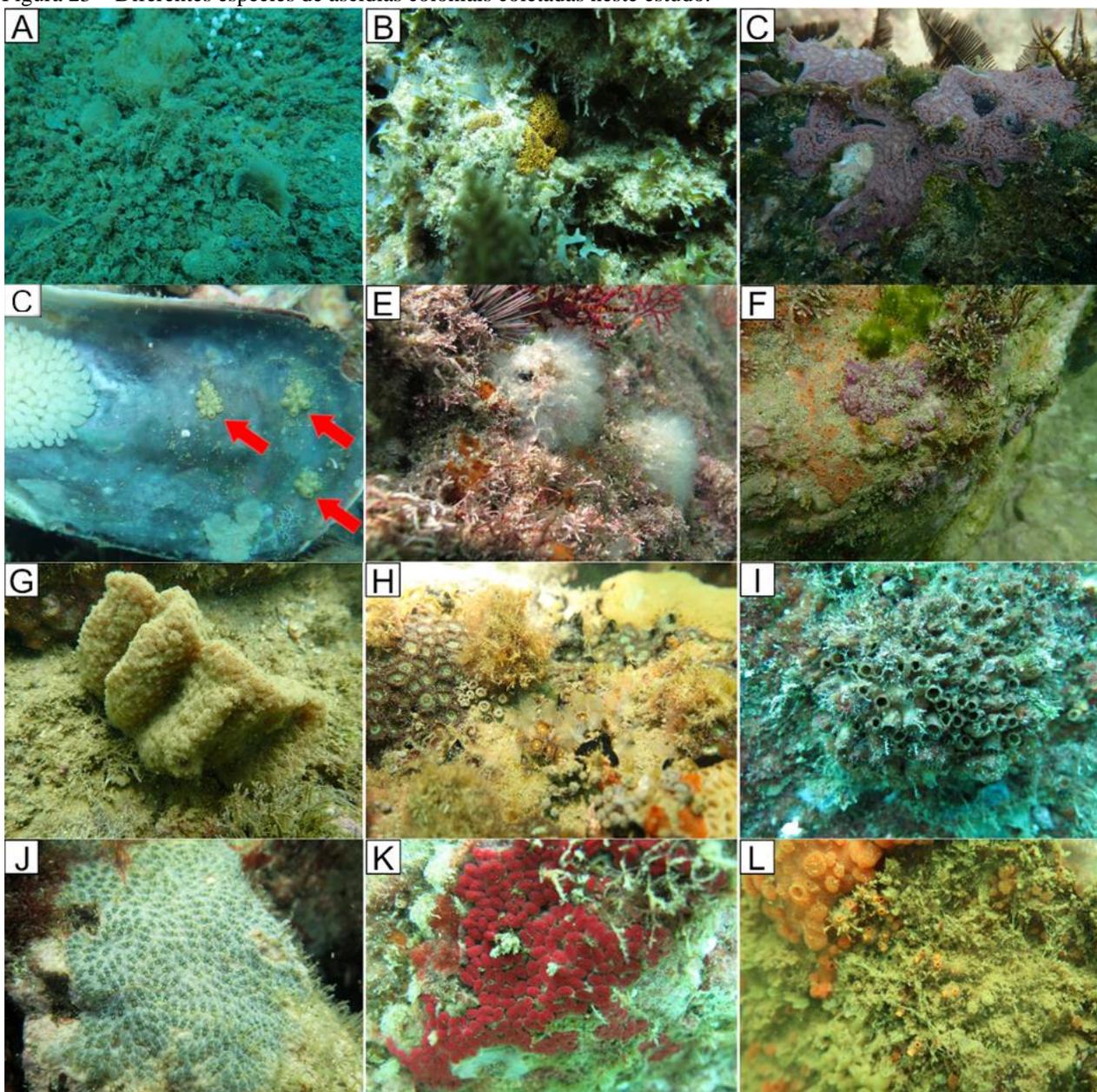
Figura 22 – Diferentes espécies de ascídias solitárias coletadas neste estudo.



Legenda: (A) *Cnemidocarpa irene*; (B) *Ciona robusta*; (C) *Herdmania pallida*; (D) *Microcosmus exasperatus*; (E) *Phallusia nigra*; (F) *Pyura beta*; (G) *Pyura gangelion*; (H) *Styela plicata*.

Fonte: O autor, 2024.

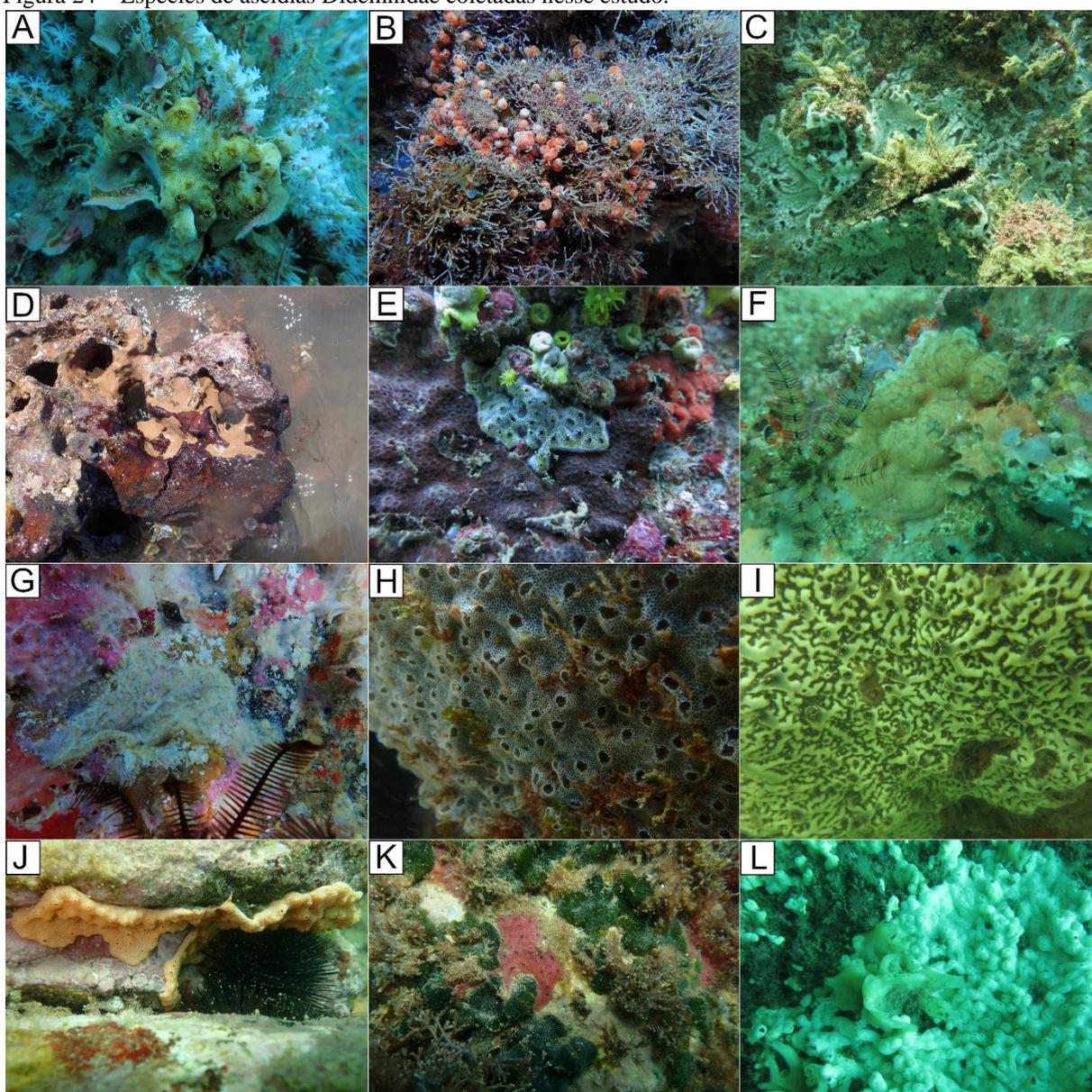
Figura 23 – Diferentes espécies de ascídias coloniais coletadas neste estudo.



Legenda: (A) *Amphicarpa* sp.; (B) *Botrylloides niger*; (C) *Botrylloides* sp.; (D) *Botryllus tabori*; (E) *Clavelina oblonga*; (F) *Distaplia stylifera*; (G) *Eudistoma* sp.1; (H) *Ecteinascidia* sp.; (I) *Polyandrocarpa anguinea*; (J) *Symplegma brakenhielmi*; *Symplegma rubra*; (L) *Stolonica* sp.

Fonte: O autor, 2024.

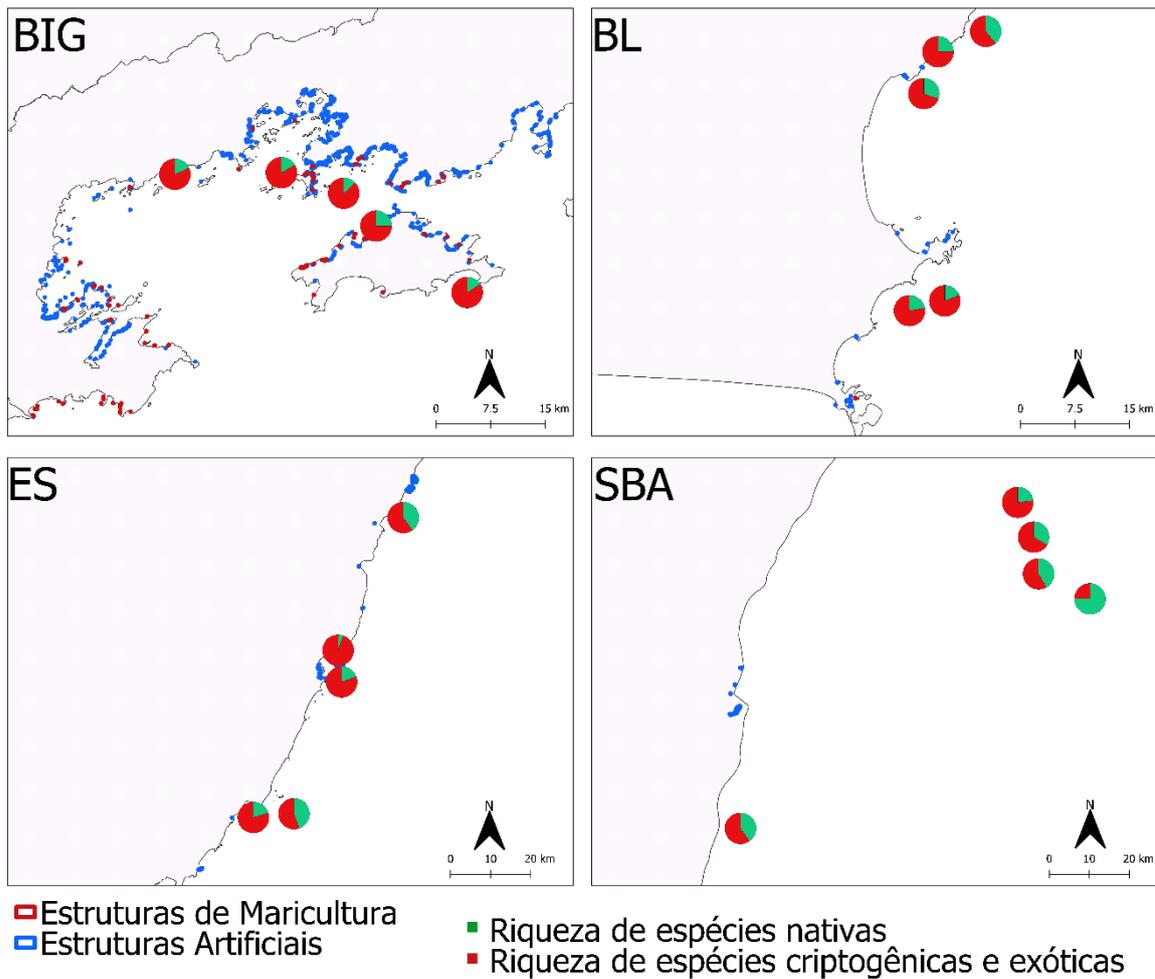
Figura 24 – Espécies de ascídias Didemnidae coletadas nesse estudo.



Legenda: (A) *Didemnum ligulum*; (B) *Didemnum rodriguesi*; (C) *Didemnum perlucidum*; (D) *Didemnum psammotodes*; (E) *Didemnum* sp. 1; (F) *Diplosoma* cf. *citrinum*; (G) *Diplosoma glandulosum*; (H) *Diplosoma listerianum*; (I) *Diplosoma* sp.1; (J) *Leptoclinides latus*; (K) *Polysyncraton amethysteum*; (L) *Trididemnum orbiculatum*.

Fonte: O autor, 2024.

Figura 25 – Riqueza total e de espécies nativas de ascídias separadas nas quatro regiões: BIG (Baía da Ilha Grande); BL (Baixada Litorânea); ES (Espírito Santo); SBA (Sul da Bahia), destacando áreas de modificação de hábitat.



Legenda: Mapa apontando estruturas artificiais ao longo do trecho do litoral estudado, separado pelas cores vermelhas (correspondendo a estruturas de maricultura) e azul (estruturas artificiais como quebra-mares, píeres e marinas). Os gráficos correspondem a riqueza de espécies nativas em verde e as espécies exóticas e criptogênicas em vermelho.