



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE OCEANOGRAFIA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**MACROINVERTEBRADOS SÉSSEIS ASSOCIADOS A
ARRIBAÇÕES DE ESPÉCIES PELÁGICAS DE *SARGASSUM*
(*PHAEOPHYCEAE*: *FUCALES*) NA COSTA AMAZÔNICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado por:

LEONARDO MARIO SIQUEIRA MORAIS

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Martinelli Filho (UFPA)

Co-orientadora: Dra. Daiane Evangelista Aviz da Silva (UFPA)

BELÉM

2017

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca do Instituto de Geociências/SIBI/UFPA

Morais, Leonardo Mario Siqueira, 1996 -

Macroinvertebrados sésseis associados a arribações de espécies pelágicas de *Sargassum* (Phaeophyceae: Fucales) na Costa Amazônica / Leonardo Mario Siqueira Moraes. – 2017.

xv, 48 f. : il; 30 cm

Inclui bibliografias

Orientador: José Eduardo Martinelli Filho

Coorientadora: Daiane Evangelista Aviz da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Oceanografia, Belém, 2017.

1. Sargassum. 2. Alga marinha - Amazônia. 3. Invertebrado marinho - Amazônia. I. Título.

CDD 22. ed.: 579.888

Elaborado por
Lucia de Fátima Imbiriba de Sousa
CRB-2/652



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE OCEANOGRAFIA

**MACROINVERTEBRADOS SÉSSEIS ASSOCIADOS A
ARRIBAÇÕES DE ESPÉCIES PELÁGICAS DE *SARGASSUM*
(*PHAEOPHYCEAE*: *FUCALES*) NA COSTA AMAZÔNICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada por:
LEONARDO MARIO SIQUEIRA MORAIS

Como requisito parcial à obtenção do Grau de bacharel em OCEANOGRAFIA

Banca Examinadora:

Prof. Dr. José Eduardo Martinelli Filho – Orientador
Instituto de Geociências - UFPA
Doutor em Oceanografia – USP

Prof. Dra. Virag Venekey
Instituto de Ciências Biológicas - UFPA
Doutora em Oceanografia Biológica – UFPE

Prof. Dr. César França Braga
Universidade Federal Rural da Amazônia – Campus Capitão Poço
Doutor em Biologia Ambiental – UFPA

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, aos meus pais, Lauro Morais e Odaisa Campos, por todo amor, educação e oportunidades a mim proporcionadas. Por não medirem esforços para que eu pudesse alcançar meus objetivos e por sempre acreditarem em mim mesmo nos dias mais difíceis. Vocês são meus maiores orgulhos.

A minha avó, Maria de Nazaré, pelo amor e carinho a mim dedicados, pelo apoio durante todos esses anos e por exercer um papel fundamental na minha vida.

Ao meu orientador e amigo o Prof. Dr. José Eduardo Martinelli Filho, por tornar possível a realização deste trabalho, pelos conselhos, pelo incentivo, por ter acreditado no meu potencial e por ter me dado a proporcionado a oportunidade de integrar a equipe do Laboratório de Oceanografia Biológica (LOB-UFPA).

A minha Co-orientadora e amiga a Dra. Daiane Evangelista Aviz, “o oráculo”, pelo incentivo, oportunidades, por não me deixar cair no limbo, por toda a ajuda no desenvolvimento deste trabalho e por todo o conhecimento a mim transmitido.

Aos amigos do LOB, Adrielle, Alysson (Freshwater), Arnaldo (MacGyver), Carol, Denys (Cachalote), Diego (Frodo), Felipe (o Barba), Gabriel (Jhow), Lucas, Prof. Petracco, May, Mayk, Pati, Paulinha, Rô, Rose, Simi (Simi), Stéfany, Thayanne, Thomas (Thomthom), Thuareag, Veka e Yago pela amizade, pelo auxílio, pelas inúmeras experiências profissionais gratificantes, pelas risadas, pelas histórias e por me proporcionarem o melhor ambiente de trabalho de todos.

Ao Adriano (Moreno), por toda a amizade desde o começo do curso, por ser alguém com quem eu posso contar, pelas derrotas e vitórias compartilhadas e pelos planos futuros (O SONHO VIVE!).

Ao Adriel (Chacal) e ao Victor (Torugo), pela amizade, pelos conselhos, pelas discussões surpreendentemente produtivas, pelos congressos e pelo pão de alho.

Ao Rogério (Blade), pela amizade, pelas conversas (as mais engraçadas e as mais tristes) e por estar comigo nas sarjetas pôs-morma.

Aos demais Amigos da Neide, Ian (Pablo), Mayc (o Tiozão), Pureza e Santino (seu Tino) por esses quase cinco anos de parceria, por todas as histórias e principalmente por toda

amizade a mim dedicada. Sem vocês eu não conseguiria. RUM, TU NÃO CONHECE A NEIDE!

A toda a turma de oceanografia 2013, pela união nos momentos de necessidade.

A dona Elizangela, por ser a melhor pessoa que eu já conheci.

Aos meus gatos, Netuno e Plutão, por trazerem um pouco mais de alegria pra minha vida no período em que mais precisei.

A todos os amigos que ajudaram nessa trajetória.

A todos os integrantes da família Moraes e da família Siqueira que contribuíram de alguma forma nessa caminhada.

A Deus, ou como queiram chamar aquilo que rege esse universo sem pé nem cabeça.

“Onde estiver, seja lá como for,
tenha fé porque até no lixão nasce flor”

Racionais MC's

RESUMO

A composição e estrutura de macroinvertebrados sésseis associada às espécies pelágicas de *Sargassum* na costa nordeste paraense foi objetivo desse estudo inédito. As amostragens ocorreram no município de São Caetano de Odivelas durante junho de 2014; praia do Atalaia (município de Salinópolis), em abril e maio de 2015 e maio de 2016 e a 100 km da costa de Maracanã, durante abril de 2016. As amostras foram coletadas aleatoriamente, com auxílio de embarcação quando necessário. As algas foram identificadas, pesadas e mensuradas, enquanto que a fauna associada foi identificada a nível específico quando possível e quantificada. Foi determinada a densidade, riqueza, diversidade (H'), dominância (D') e equitabilidade (J'), que foram comparadas entre localidades, espécies de *Sargassum* e diferentes regiões morfológicas das algas. Para evidenciar padrões de similaridade, foi aplicada a análise de *cluster* seguida de testes de significância (ANOSIM). As algas foram menores do que as registradas para o Atlântico Norte, provavelmente devido a temperatura mais elevadas das baixas latitudes. A fauna sésseis de vida livre apresentou riqueza mais elevada e diferiu da descrita para o mar de Sargaço e corrente do Golfo, com exceção de *Spirorbis* sp., Actiniidae e Ascidacea. Possivelmente, as diferenças se deve a uma recolonização das algas dentro da Região Norte Equatorial de Recirculação (NERR). Diferentes regimes hidrodinâmicos durante a amostragem possivelmente ocasionaram amostras com maior riqueza e densidade de invertebrados associados em mar aberto do que em praias. *Sargassum natans* apresentou índices ecológicos mais elevados para a comunidade sésseis de vida livre quando comparado a *S. fluitans*. No geral, os epizoários de vida livre colonizaram mais intensamente o filóide, uma vez que são suspensívoros e o fluxo de partículas é maior em relação ao caulóide. A fauna sésseis colonial foi representada por *Obelia dichotoma* e *Membranipora* sp., comumente encontrados associados ao *Sargassum* no Atlântico Norte. *Membranipora* sp. exerceu colonização mais intensa sobre *S. natans*, já *Obelia dichotoma* sobre *S. fluitans*, o que pode indicar uma competição por espaço entre os táxons. *Membranipora* sp. colonizou mais intensamente os caulóides, provavelmente devido a maior rigidez e a elevada área do caulóide sem o efeito tanino. *Obelia dichotoma* colonizou com maior intensidade o caulóide em *S. fluitans* e o filóide em *S. natans*, resultado atribuído à forma de espalhamento das colônias. O presente estudo exhibe padrões de fauna associada dissimilares em relação ao observado para o Atlântico Norte e representou reduzida funcionalidade das manchas de *Sargassum* como vetores no transporte de espécies exóticas para a região amazônica.

Palavras-chave: *Sargassum natans*. *Sargassum fluitans*. maré dourada. Pará. Vetor de transporte.

ABSTRACT

The composition and structure of the sessile macroinvertebrates associated to pelagic *Sargassum* species at the northeast coast of Pará was the inedited objective of this study. Sampling was performed at the municipality of São Caetano de Odivelas during July 2014, Atalaia beach (Salinópolis municipality) in April and May 2015 and May 2016 and from 100 km of the coast of Maracanã during April 2016. Samples were randomly collected and a boat was used when necessary. The algae were identified, weighted and measured. The associated fauna was identified at the species level when possible and quantified. Richness, diversity (H'), dominance (D') and evenness (J') were compared from different localities, *Sargassum* species and morphological regions of the algae. Cluster analysis were executed in search of similarity patterns, followed by significance tests (ANOSIM). The algae were smaller than those observed for the North Atlantic, probably due to the higher temperature from the low latitudes. The free-living, sessile fauna showed a higher richness and differed from the described at the Sargasso sea and the Golf current, except by *Spirorbis* sp., Actiniidae and Ascidacea. The difference is probably due to algal recolonization inside the North Equatorial Recirculation Region (NERR). Smaller turbulence and different hydrological characteristics are probably responsible for the higher richness and density of associated invertebrates in open water samples, when compared to beach samples. *Sargassum natans* showed higher ecological indexes for the free-living associated community when compared to *S. fluitans*. Overall, the free-living epizoids colonized mostly the leaves, since they are suspension feeders and the particle flux is higher when compared to the other anatomical regions. The sessile, colonial species were represented by *Obelia dichotoma* and *Membranipora* sp., both commonly found associated to *Sargassum* from the North Atlantic. *Membranipora* sp. was dominant on *S. natans*, while *Obelia dichotoma* dominated over *S. fluitans*, which may indicate a mechanism to avoid competition between these epizoids. *Membranipora* colonized the stems with more intensity, probably due to its higher hardness and the absence of the tannin effect. *Obelia dichotoma* colonized mostly the stems for *S. fluitans* and the leaves for *S. natans*, as consequence of the spread, linear colonies. This study demonstrate a different pattern of the associated fauna, when compared to other regions like the North Atlantic and reports that the *Sargassum* slicks reaching the amazon coast has a low functionality as transport vector of exotic invertebrates species to the Amazon region.

Keywords: *Sargassum natans*. *Sargassum fluitans*. Golden tide. Pará. Transport vector.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Localização da área de estudo. Oceano Atlântico, costa Norte do Brasil e nordeste do Pará. Locais de coleta de amostras de *Sargassum* pelágico: MA= mar aberto; IR= Ilha do Ratos (São Caetano de Odivelas); AT = praia do Atalaia (Salinópolis). 7
- Figura 2 – Definição das medidas morfológicas tomadas. A) Medições realizadas nos filóides e pneumatocistos (C= comprimento do filóide; L1, L2 e L3=Largura do filóide; D1 e D2= diâmetros do pneumatocisto). B) Medições realizadas nos caulóides (C= comprimento do caulóide; D1, D2 e D3= diâmetro do caulóide). 9
- Figura 3 - Participação relativa dos táxons da fauna sésil de vida livre associada a *S. natans* e *S. fluitans*. 15
- Figura 4 – Participação relativa dos táxons da fauna sésil de vida livre associada a *S. natans* e *S. fluitans* para as diferentes regiões morfológicas das algas. 15
- Figura 5 – Intensidade de colonização da fauna sésil de vida livre associada a *S. natans* e *S. fluitans* nas diferentes regiões morfológicas das algas. 16
- Figura 6 - Colonização de *Membranipora* sp. (Bryozoa) sobre as diferentes estruturas de *S. fluitans* e *S. natans* de amostras coletadas na costa paraense. FR: Frequência Relativa 20
- Figura 7 - Dendograma (modo Q) de agrupamento das amostras, a partir da matriz de similaridade baseada nos táxons sésseis de vida livre e coloniais associados ao *Sargassum*. IR-2014: 30/06/2014 – Ilha dos Ratos; AT1-2015: 15/04/2015 – Praia do Atalaia; AT2-2015: 09/05/2015 – Praia do Atalaia; AT3-2016: 24/05/2016 – Praia do Atalaia; MA-2016: 23/04/2016 – Mar aberto. 23
- Figura 8 - Dendograma (modo R) dos táxons da fauna sésil de vida livre e colonial associada ao *Sargassum* pelágico coletado na costa paraense. 24
- Figura 9 – Concentração de clorofila-*a* em Agosto de 2011 mostrando as múltiplas fontes de nutrientes no atlântico tropical, na região de influência da NERR. 26
- Figura 10 - Média da temperatura da superfície do mar (TSM) para os meses de junho de 2014 (coleta na ilha dos ratos), abril e maio de 2015 (coleta nos eventos AT1-2015 e

AT2-2015) e abril e maio de 2016 (coleta em mar aberto e no evento AT3-2016).

Fonte: INMET.28

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Valores médios para as medidas (mm) de filóide, pneumatocisto e caulóide para as diferentes espécies de *Sargassum* pelágicas coletadas na costa paraense. Diferenças significativas entre as espécies expressas por * ($p < 0,05$) e ** ($p < 0,001$)..... 12
- Tabela 2 - Valores médios para as medidas (mm) de filóide, pneumatocisto e caulóide para os diferentes eventos ocorridos. Diferenças significativas entre eventos expressas por * ($p < 0,05$) e ** ($p < 0,001$). 13
- Tabela 3 – Densidade total (org.g^{-1}) e frequência dos táxons por amostra (FT) estimada da fauna sésil de vida livre associada às algas por espécie e por evento de coleta na costa do estado do Pará. IR-2014: 30/06/2014 – Ilha dos Ratos; AT1-2015: 15/04/2015 – Praia do Atalaia; AT2-2015: 09/05/2015 – Praia do Atalaia; AT3-2016: 24/05/2016 – Praia do Atalaia; MA-2016: 23/04/2016 – Mar aberto. 14
- Tabela 4 – Valores médios para os índices ecológicos da fauna sésil de vida livre associada ao *Sargassum* nas diferentes localidades e resultado do teste de Mann-Whitney para comparação entre mar aberto e praia do Atalaia. Diferenças significativas entre as localidades expressas por * ($p < 0,05$) e ** ($p < 0,001$). IR: Ilha dos Ratos; MA: mar aberto; AT: Praia do Atalaia. S: riqueza de espécies; H': diversidade de Shannon; D: dominância de Simpson; J: equitabilidade de Pielou. 17
- Tabela 5 – Densidade total dos táxons da fauna sésil de vida livre associada a *S. natans* e *S. fluitans*. 17
- Tabela 6 – Valores médios para os índices ecológicos da fauna sésil de vida livre associada a *S. natans* e *S. fluitans*, e resultado do teste de Mann-Whitney para comparação destes entre as duas espécies. Diferenças significativas entre as espécies expressas por * ($p < 0,05$) e ** ($p < 0,001$). S: riqueza de espécies; H': diversidade de Shannon; D': dominância de Simpson; J':equitabilidade de Pielou..... 18
- Tabela 7 – Densidade total (org.g^{-1}) dos táxons da fauna sésil de vida livre associada a *S. natans* e *S. fluitans* para as diferentes regiões morfológicas das algas. 18
- Tabela 8 – Valores médios dos índices ecológicos da fauna sésil de vida livre associada a *Sargassum natans* e *S. fluitans* para as diferentes estruturas da alga e resultado do

teste de Kruskal-Wallis para comparação entre filóide, caulóide e pneumatocisto. Diferenças significativas entre as regiões morfológicas das algas expressas por * ($p < 0,05$) e ** ($p < 0,001$). S: riqueza de espécies; H': diversidade de Shannon; D: dominância de Simpson; J: equitabilidade de Pielou.	19
Tabela 9 - Resultado dos testes de Mann-Whitney e Kruskal-Wallis para comparação da colonização de <i>Membranipora</i> sp. (Bryozoa) nas diferentes espécies de <i>Sargassum</i> e suas estruturas. F: Filóide; C: Caulóide; P: Pneumatocisto.....	20
Tabela 10 – Abundância e densidade de <i>Obelia dichotoma</i> para as diferentes localidades de coleta e resultado do teste de Mann-Whitney para comparação entre a praia do Atalaia e mar aberto.	21
Tabela 11 - Abundância e densidade médias de <i>Obelia dichotoma</i> associada a <i>S. fluitans</i> e <i>S. natans</i> , e resultado do teste de Mann-Whitney para comparação entre as espécies. Diferenças significativas entre as espécies expressas por * ($p < 0,05$) e ** ($p < 0,001$).....	22
Tabela 12 - Abundância e densidade médias de <i>Obelia dichotoma</i> associada a diferentes estruturas das algas, dados combinados e dados para <i>S. fluitans</i> e <i>S. natans</i> e resultado do teste de Mann-Whitney para comparação entre as estruturas. Diferenças significativas entre as regiões morfológicas das algas expressas por * ($p < 0,05$) e ** ($p < 0,001$).....	22
Tabela 13 – Principais táxons associados ao <i>Sargassum</i> pelágico reportados na literatura científica. PCA: plataforma continental amazônica.	31

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	iv
AGRADECIMENTOS	v
EPÍGRAFE	vii
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	x
LISTA DE TABELAS	xii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	5
2.1. OBJETIVO GERAL.....	5
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
3. MATERIAL E MÉTODOS	6
3.1. ÁREA DE ESTUDO	6
3.2. AMOSTRAGEM.....	7
3.3. ANÁLISES LABORATORIAIS.....	8
3.4. ANÁLISE DOS DADOS	10
4. RESULTADOS	12
4.1. IDENTIFICAÇÃO E MORFOMETRIA DAS ALGAS	12
4.2. FAUNA ASSOCIADA.....	13
4.2.2. Fauna séssil de vida livre	13
4.3.3. Fauna séssil colonial	19
4.3.4. Estrutura das comunidades associadas	22
5. DISCUSSÃO	25
5.1 PROCESSOS OCEANOGRÁFICOS DE TRANSPORTE DE <i>SARGASSUM</i>	25
5.2. OCORRÊNCIA DAS ESPÉCIES PELÁGICAS DE <i>SARGASSUM</i>	29
5.3. MORFOMETRIA DAS ALGAS	29
5.4. FAUNA ASSOCIADA.....	30
5.4.1. Fauna séssil de vida livre	32
5.4.2. Fauna séssil colonial	34
5.4.3. Estrutura das assembleias associadas	37
6. CONCLUSÃO	38

REFERÊNCIAS	40
ANEXOS	47
ANEXO A - TÁXONS DA FAUNA MÓVEL ASSOCIADA AO SARGASSUM PÉLAGICO NA COSTA PARAENSE.....	48

1. INTRODUÇÃO

O gênero de algas pardas *Sargassum* C. Agardh (Phaeophyceae, Fucales, Sargassaceae) possui atualmente 353 espécies válidas (Guiry; Guiry 2017a). Embora a maioria seja bentônica, *Sargassum natans* (Linnaeus) Gaillon e *S. fluitans* (Boergesen) Boergesen, são consideradas holopelágicas, sendo capazes de manter continuamente populações no sistema pelagial, se propagando através de fragmentação vegetativa (Lapointe 1995) e formam de pequenas a extensas manchas na superfície da água, que tendem a se alinhar pela ação dos ventos (Széchy *et al.* 2012). Tais manchas são particularmente encontradas na área denominada de mar de Sargação, no giro central do Atlântico Norte, entre 28° e 34° N latitude (Parr 1939; Niermann 1986).

Sargassum natans apresenta uma ampla distribuição *offshore*, sendo reportada para a costa atlântica da América do Norte, América Central e Colômbia, para o noroeste, sudeste e sudoeste da África, sudeste e sudoeste da Ásia, mar do sul da China, sudoeste da Europa, Austrália, Nova Zelândia e ilhas caribenhas e do oceano Atlântico (Guiry; Guiry 2017b). *S. fluitans*, possui uma distribuição mais restrita, sendo registrada para a costa atlântica da América do Norte, América Central, Colômbia, sudeste e sudoeste da Ásia, mar do sul da China, ilhas caribenhas e do oceano Atlântico (Guiry; Guiry 2017c). No Brasil, formas pelágicas de *Sargassum* foram reportadas pela primeira vez por Martens (1870), como *S. bacciferum* e posteriormente publicada na lista florística de Taylor (1931). Atualmente, *S. bacciferum* é um sinônimo para *S. natans* (Guiry; Guiry 2017c).

A ocorrência de grandes quantidades de macroalgas encalhadas em praias em função de explosões populacionais, conhecidas como *blooms*, florações ou marés douradas, tem aumentado globalmente, tanto em frequência quanto em intensidade nos últimos anos (Smetacek; Zingone 2013). Registros de encalhes expressivos de *Sargassum* pelágico ocorreram na costa caribenha e em Serra Leoa a partir de 2011 (Gower *et al.* 2013) e foram recorrentes na costa caribenha em 2014 e 2015 (Gavio *et al.* 2015). Em julho de 2011, manchas flutuantes das algas foram registradas pela primeira vez na plataforma continental da região amazônica (Széchy *et al.* 2012). A partir de 2014, grandes manchas flutuantes e encalhes das algas começaram a ser registrados por observadores *in situ* e veículos de comunicação, nas costas Norte e Nordeste do país (Praia do Atalaia,... 2014; Algas marinhas... 2015; Algas alteram... 2015; Praias de Marudá... 2015; Marinho 2015).

Na costa do Pará, marés douradas de *Sargassum*, ocorreram primeiramente no mês de maio de 2014 na praia do Atalaia, localizada no município de Salinópolis. Durante esse evento, aproximadamente 400 toneladas de peso úmido da alga foram removidas da praia e lançadas para o lixão do município (Martinelli-Filho 2015). Em 2015, cerca de 2.300 toneladas de peso úmido de *Sargassum* atingiram novamente a praia do Atalaia durante dois eventos de arribações (Duarte *et al.* 2015).

A ocorrência dos encalhes de *Sargassum* no Pará foi associada às alterações na Região Norte Equatorial de Recirculação (*North Equatorial Recirculation Region*, NERR) entre Brasil e África, que favorecem a acumulação, crescimento e formação das manchas do *Sargassum* pelágico nesta região devido à disponibilidade de nutrientes e ferro (Franks *et al.* 2014). Sissini *et al.* (2017), ao analisar imagens de satélite, não observou evidências de manchas movendo-se para sul a partir do mar de Sargaço, o que fortalece a hipótese da existência de uma matriz de *Sargassum* pelágico no Oceano Atlântico Central (Gower *et al.* 2013), em detrimento a um possível transporte das algas de origem no mar de Sargaço.

As arribações de *Sargassum* causam diversos impactos ecológicos e socioeconômicos, principalmente em áreas turísticas e com comunidades pesqueiras tradicionais. Os grandes encalhes de algas restringem o acesso dos turistas à praia, prejudicam a estética da paisagem e produzem um forte odor durante sua decomposição (Williams *et al.* 2008). O *Sargassum* também aprisiona diversos resíduos sólidos da coluna d'água, que são depositados na praia durante os encalhes, podendo oferecer riscos de acidentes aos banhistas (WILLIAMS *et al.* 2008). As manchas de algas pelágicas aprisionam ainda grande quantidade de partículas plásticas em um amplo espectro de tamanho (Carpenter 1972), que podem impactar a praia e a fauna nos locais de encalhe.

Além disso, redes de pesca e outras armadilhas para captura do pescado tornam-se inutilizáveis durante os fenômenos, pois são obstruídas pelas algas (Solarin *et al.* 2014), assim como as gaiolas utilizadas na aquicultura, que precisam de limpeza constante durante os eventos para reduzir a mortalidade dos organismos cultivados (Martinelli-Filho 2015). A navegação de pequenas embarcações também pode ser dificultada devido à grande quantidade de algas na superfície.

Além dos impactos citados acima, arribações de macroalgas são também um importante vetor de transporte de organismos e, potencialmente, para bioinvasões. Quando

transportadas por grandes distâncias, espécies exóticas podem estar associadas às manchas de *Sargassum*, as quais podem ser transportadas para novas áreas e se estabelecerem. Tais espécies podem tornar-se invasoras, impactando os ecossistemas costeiros e afetando, por exemplo, os parâmetros bióticos dos ecossistemas, como a diversidade e abundância dos organismos pelágicos e bentônicos (Rodil *et al.* 2008).

As espécies flutuantes de *Sargassum* formam a base de uma comunidade notavelmente diversa, transportando uma infinidade de formas de vida associadas, incluindo componentes micro-, meio- e macrofaunais (Fine 1970). A fauna associada a alga consiste geralmente de dois grupos: i) organismos sésseis, que se fixam e crescem diretamente nas algas, como por exemplo, algas epífitas, fungos, hidrozoários, briozoários incrustantes, esponjas e ascídeas; e ii) organismos móveis, que se agarram ou nadam livremente acompanhando as algas, que incluem diversos camarões, caranguejos (por exemplo do gênero *Portunus*), peracarídeos, moluscos, anêmonas, poliquetas, platelmintos, e até mesmo peixes, como os da família Monacanthidae, e tartarugas marinhas (Weis 1968; Carr 1987; Manzella *et al.* 1991; Coston-Clements *et al.* 1991).

Atualmente são conhecidas mais de 100 espécies de invertebrados, 100 espécies de peixes e quatro espécies de tartarugas marinhas (Coston-Clements *et al.* 1991; Manzella *et al.* 1991; Carr 1987) associadas ao *Sargassum* pelágico. A composição da comunidade associada às algas é altamente variável, sendo influenciada por fatores como sazonalidade, localização geográfica, idade e, provavelmente, espécie da alga (Vandendriessche *et al.* 2006). Alguns organismos associados exibem frequentemente forma e coloração incomuns que auxiliam na camuflagem dentro do habitat formado pelas manchas de sargaço (Weis 1968). Outros são menos especializados e utilizam o habitat para forragear ou como proteção contra predadores. As manchas são utilizadas também como substrato de desova ou área de berçário para larvas e juvenis de diversos organismos (Coston-Clements *et al.* 1991).

Estudos sobre os epibiontes associados as espécies pelágicas de *Sargassum* são escassos, estando restritos ao mar de Sargaço e regiões adjacentes. Trabalhos qualitativos e quantitativos acerca da macrofauna associada a *Sargassum* foram inicialmente conduzidos no mar de Sargaço (Timmermann 1932). A composição, densidade, estrutura, variação temporal e espacial da macrofauna móvel e sésil não colonial associada ao *Sargassum* pelágico foram posteriormente descritas por alguns autores no mar de Sargaço, corrente do Golfo e da plataforma continental adjacente a Carolina do Norte-EUA (Weis 1968; Fine 1970; Niermann

1986; Huffard *et al.* 2014). Ainda, estudos mais específicos sobre ecologia, como a sucessão de epibiontes sésseis nas algas (Ryland 1974) e a variação temporal da assembleia de hidrozoários associados a *Sargassum* pelágico foram abordadas (Calder 1995).

Estudos referentes a fauna associada as espécies pelágicas de *Sargassum* são inexistentes no Brasil, com apenas registros pontuais recentemente publicados (Sissini *et al.* 2017). Porém, Oliveira Filho *et al.* (1979) conduziu um estudo com exemplares de *S. histrix* J. Ag. e *S. platycarpum* Mont. (espécies bentônicas) coletadas flutuando em águas da corrente do Brasil. O trabalho faz algumas observações quanto a macrofauna associada as algas, mas tem como principal foco a comunidade de algas epífitas associadas.

A fauna associada às marés douradas no Brasil é praticamente desconhecida, o que dificulta determinar o potencial das algas como vetor de espécies exóticas. Tendo em vista os diversos efeitos e possíveis consequências ecológicas e socioeconômicas das arribações de *Sargassum* pelágico nos ambientes costeiros, o presente estudo analisou a fauna associada às manchas de algas em eventos na região costeira paraense.

2. OBJETIVO

2.1. OBJETIVO GERAL

Caracterizar a composição, abundância e estrutura da fauna de macroinvertebrados sésseis associada às marés dourada de espécies pelágicas de *Sargassum* na costa nordeste do Pará.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar as espécies de *Sargassum* presentes em arribações de algas em diferentes localidades da zona costeira paraense, entre os anos 2014 e 2016;
- Descrever a composição da fauna de macroinvertebrados sésseis associados às arribações.
- Comparar a colonização de espécies sésseis de macroinvertebrados em diferentes regiões morfológicas (filóide, caulóide e pneumatocisto) da alga.
- Comparar a estrutura das assembleias de macroinvertebrados sésseis associados às arribações coletadas em diferentes localidades da costa paraense e entre as diferentes espécies de *Sargassum*;
- Verificar o potencial de transporte de espécies exóticas, associadas às espécies pelágicas de *Sargassum*, através da distribuição dos táxons identificados.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDO

O litoral nordeste paraense (Figura 1) apresenta um baixo relevo (0 a 80 m), ampla planície costeira (de até 70 km de largura) e extensa plataforma continental (cerca de 200 km de largura), com configuração extremamente irregular, endentada e recortada por vários sistemas flúvio-estuarinos (Souza Filho 2005). Estes são caracterizados por ricas comunidades bióticas, como o macro sistema de manguezais. Ao longo da costa também se sobressaem extensas áreas de praias, com condições dissipativas e intermediárias, que apresentam larguras variando de 400 a 800 m (El-Robrini *et al.* 2006).

A área situa-se na região equatorial e possui clima quente e úmido, apresentando duas estações bem definidas, a estação seca ocorre no período entre maio e setembro, e a estação chuvosa compreende os meses o período de novembro a março, os meses de abril e outubro são de transição entre um regime e outro (Fisch *et al.* 1998). A temperatura média anual é de 26°C (Fisch *et al.* 1998) e a pluviosidade média de 2.500 mm na zona costeira (El-Robrini *et al.* 2006). A forçante atmosférica dominante sobre a região são os ventos alísios de NE, que atingem seu máximo de dezembro a março quando se somam com os alísios de SE (Geyer *et al.* 1996).

Ocorrem na região macro marés semidiurnas, com amplitude de 5,2 m e eventualmente superior. As correntes de maré apresentam velocidades de 1 e 0,9 m.s⁻¹ durante as premares (El-Robrini *et al.* 2006). Trens de ondas de superfície, com alturas de 1 a 1,5 m, são gerados pelos ventos atuantes no litoral, ocasionando correntes de deriva litorânea na direção noroeste (Geyer *et al.*, 1996; El-Robrini *et al.* 2006). O extenso sistema hídrico amazônico tem efeitos significativos na oceanografia da área (Geyer *et al.* 1996), destacando-se dois sistemas estuarinos de grande porte sobre a plataforma Continental Amazônica, com elevadas descargas líquidas e sólidas: os estuários dos rios Pará e Amazonas (Prestes 2016).

A Zona Costeira Amazônica é influenciada pela Corrente Norte do Brasil (CNB), que é uma forte corrente de fronteira oeste, originada da corrente sul equatorial, fluindo através do equador e da plataforma continental amazônica (Geyer *et al.* 1996). A baixa topografia permite que a CNB se propague substancialmente dentro da plataforma (Nittrouer; Demaster 1996), apresentando velocidades entre 0,25 a 2,0 m.s⁻¹ (Cavalcante Segundo 2007), com

velocidades instantâneas maiores, as quais dependem de padrões dos ventos e da localização desses padrões no trajeto da corrente (El-Robrini *et al.* 2006).

As principais atividades econômicas da zona costeira amazônica são baseadas em atividades pesqueira, turística, extrativistas, imobiliária, pecuaristas, portuárias e exploração de minério. As comunidades costeiras do nordeste paraense, como é o caso das localidades afetadas pelos *blooms* de *Sargassum*, tem sua economia é baseada, sobretudo, na agricultura, pesca e/ou turismo (Pereira *et al.* 2009).

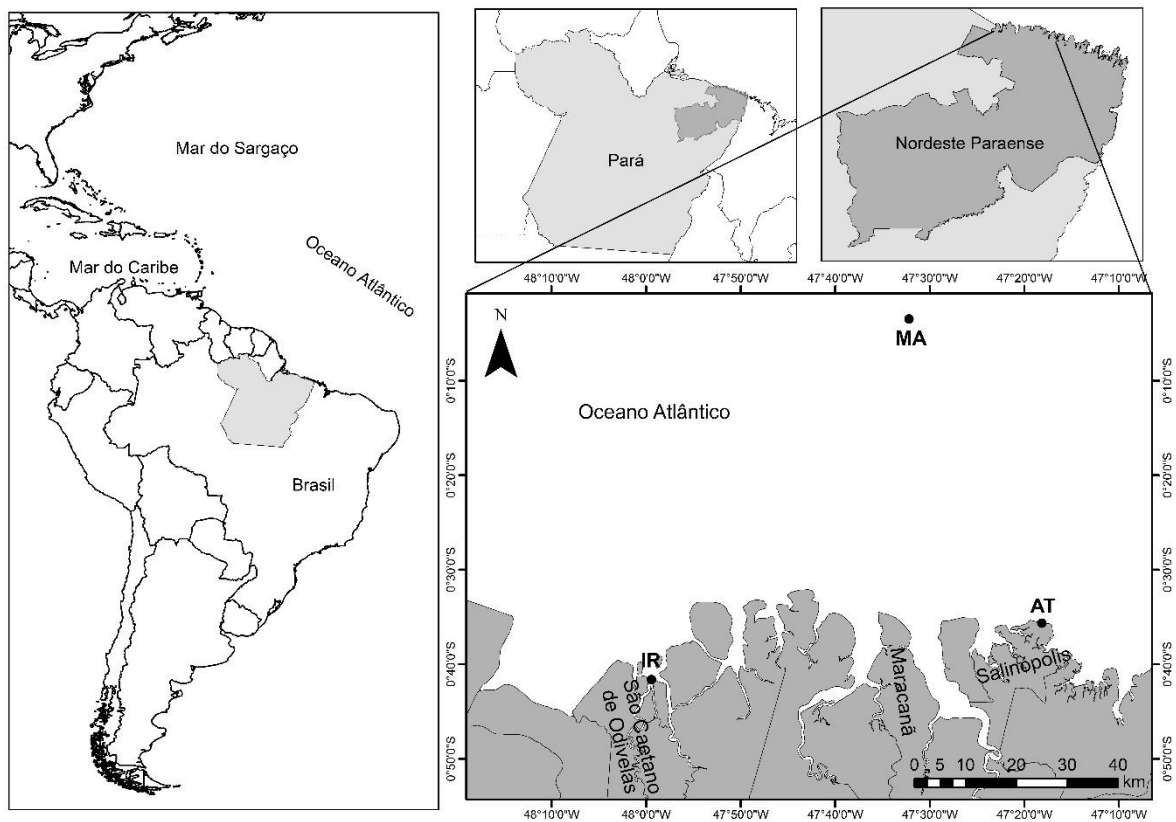


Figura 1 - Localização da área de estudo. Oceano Atlântico, costa Norte do Brasil e nordeste do Pará. Locais de coleta de amostras de *Sargassum* pelágico: MA= mar aberto; IR= Ilha do Ratos (São Caetano de Odivelas); AT = praia do Atalaia (Salinópolis).

3.2. AMOSTRAGEM

Foram analisadas amostras de algas provindas de três localidades do nordeste paraense, em diferentes posições em relação à linha de costa (Figura 1): i) Ilha dos Ratos (**IR**), no estuário do rio Barreto, município de São Caetano de Odivelas; ii) Praia do Atalaia (**AT**), município de Salinópolis; iii) Mar aberto (**MA**), plataforma continental adjacente ao município de Maracanã. As amostragens foram realizadas em diferentes ocasiões para cada localidade. Na Ilha dos Ratos (**IR-2014**) ocorreu em 30 de junho de 2014, durante a chegada

de pequenas quantidades de alga a costa. Na praia do Atalaia, as amostragens ocorreram durante grandes encalhes de algas, em 15 de abril (**AT1-2015**), 09 de maio de 2015 (**AT2-2015**) e 24 de maio de 2016 (**AT3-2016**). Em mar aberto (**MA-2016**), a coleta ocorreu no dia 23 de abril de 2016, a cerca de 100 km da costa do município de Maracanã, durante a chegada de grandes manchas da alga.

Na ilha dos Ratos e na praia do Atalaia, a amostragem ocorreu em profundidades rasas (cerca de 1,5 m), sendo coletadas algas independentes de forma manual, aleatoriamente dentro de aglomerados. A coleta foi realizada com as algas ainda dentro da água, antes do encalhe na praia. Na ilha dos Ratos apenas uma amostra foi coletada, devido a pequenas quantidades de algas transportadas para o interior do estuário. Para a praia do Atalaia, o número de amostras variou em cada evento, sendo seis durante 15/04/2015, 10 em 9/05/2015 e uma em 24/05/2016. Cada amostra correspondeu a uma alga independente.

No caso de mar aberto, a coleta ocorreu com o auxílio de embarcação, sendo que uma grande massa de algas foi coletada dentro de uma mancha na superfície. Posteriormente, esta foi separada em nove amostras de algas independentes. As algas foram acondicionadas isoladamente em sacos plásticos e conservadas em solução de formaldeído a 4% em água do mar tamponado com tetraborato de sódio, sendo posteriormente transportadas até o laboratório de Oceanografia Biológica da Universidade Federal do Pará.

3.3. ANÁLISES LABORATORIAIS

Em laboratório, as algas foram identificadas ao nível de espécie de acordo com Parr (1939), Széchy *et al.* (2012) e Wrinn *et al.* (2016). Embora subespécies de *Sargassum* sejam descritas na literatura, esse nível taxonômico não foi adotado, devido a ampla plasticidade fenotípica da alga, em decorrência de condições ambientais (Coimbra 2006) e à dificuldade e validade dessa classificação em relação à filogenia do grupo (Zetler *et al.* 2016). Após a identificação, o peso úmido de cada amostra de alga foi obtido com o auxílio de balança analítica, com precisão de 0,01 mg, após a retirada do excesso de líquido em bandeja inclinada por 5 minutos. Em seguida, foram mensurados o comprimento e largura dos filóides e o diâmetro dos pneumatocistos, com auxílio de um estereomicroscópio de ocular micrométrica (com precisão de 10 μ m), além do comprimento e diâmetro dos caulóides das algas, com auxílio de um paquímetro digital (precisão de 10 μ m). Para cada amostra foram

medidos 30 filóides, 30 pneumatocistos e 10 talos (quando possível) escolhidos aleatoriamente. As medições seguiram o esquema apresentado na Figura 2.

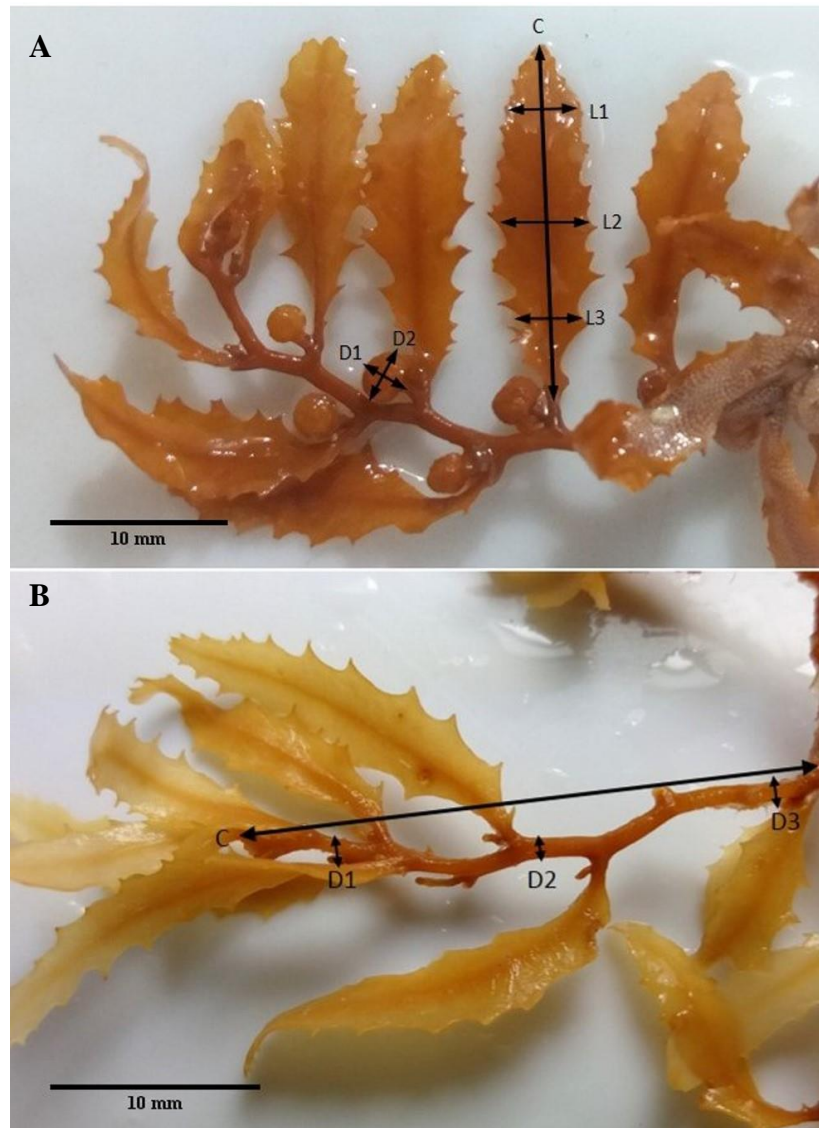


Figura 2 – Definição das medidas morfológicas tomadas. A) Medições realizadas nos filóides e pneumatocistos (C= comprimento do filóide; L1, L2 e L3=Largura do filóide; D1 e D2= diâmetros do pneumatocisto). B) Medições realizadas nos caulóides (C= comprimento do caulóide; D1, D2 e D3= diâmetro do caulóide).

A fauna associada foi quantificada e identificada ao menor nível taxonômico possível, de acordo com literatura específica. A quantificação foi realizada em subamostras de 10 g, porém, para organismos menos abundantes, uma fração maior ou a amostra total foi analisada. O líquido residual das amostras também foi analisado a fim de se encontrar organismos que possam ter se desprendido da alga durante o manejo das algas. Após esta etapa, os organismos foram conservados em álcool etílico a 70%. A quantificação dos organismos

associados seguiu diferentes metodologias para cada grupo, tendo em vista a diversidade de organismos e de formas de associação encontradas (coloniais, isolados, incrustantes e sésseis). No caso dos hidrozoários, os hidrantes de cada colônia foram quantificados.

A quantificação das colônias de briozoários foi realizada através de uma escala semi-quantitativa, para as diferentes porções da alga, filóides, pneumatocistos e talo. A colonização destas partes das algas foi definida como inexistente, fraca (1-25% da área colonizada), moderada (25-75%) ou intensa (75-100%) (adaptado de Niermann, 1986). A quantificação foi realizada em 30 filóides, 30 pneumatocistos e 10 talos escolhidos aleatoriamente de cada amostra, os quais foram mensurados conforme Figura 2. Os demais organismos sésseis foram identificados e contados. A fauna móvel também foi contabilizada, entretanto, não foi tratada no presente estudo devido ao método de coleta utilizado, que resultou na perda da maioria dos organismos desta categoria, sendo apresentada apenas uma lista em anexo com os táxons identificados.

3.4. ANÁLISE DOS DADOS

Com base nas variáveis morfológicas obtidas, foram calculadas as médias e desvio-padrão para o comprimento e largura dos filóides, diâmetro dos pneumatocistos e comprimento e diâmetro dos caulóides. Os dados relativos à fauna associada e às dimensões morfológicas das algas foram comparados para a detecção de diferenças entre localidades de coleta e espécies de *Sargassum*, sendo antes balanceados, testados quanto à normalidade através do teste de *Shapiro-Wilk* e quanto à homocedasticidade das variâncias através do teste de *Levene*. Devido ao não cumprimento dos requisitos de normalidade e homocedasticidade, foram utilizadas análises não paramétricas. O teste de *Mann-Whitney* foi utilizado para testar diferenças significativas entre dois grupos de dados e *Kruskal-Wallis* para três ou mais grupos, seguido do teste de múltipla comparação de *Tukey*. Os testes foram realizados no programa SigmaPlot 11.0.

Quanto a fauna associada, foram calculados os descritores ecológicos da comunidade associada ao *Sargassum*: densidade, riqueza de espécies, diversidade de Shannon (H'), dominância de Simpson (D) e equitabilidade de Pielou (J). A densidade foi estimada em relação ao peso total de cada amostra (org.g^{-1}). A riqueza equivale ao número total de táxons identificados por amostra. Utilizando-se da somatória da densidade relativa dos táxons e da riqueza de espécies na amostra, foram obtidos H' , D e J (Magurran 2004).

Os descritores biológicos foram comparados em relação as localidades de coleta, as espécies de *Sargassum* e as diferentes regiões morfológicas do *Sargassum* (filóide, caulóide e pneumatocisto) para cada uma das espécies. Comparações estatísticas entre as localidades ocorreram apenas para as amostras da praia do Atalaia e de mar aberto, pois os demais locais contaram com somente uma amostra cada.

Com o objetivo de evidenciar padrões entre as espécies de *Sargassum* e as localidades de coleta, foi aplicada a análise de agrupamentos por método hierárquico aglomerativo (*cluster*). Foram utilizados dados presença e ausência na análise, para a inclusão tanto de táxons de vida livre quanto, os coloniais. Para geração do dendrograma, foi utilizado o índice de similaridade de Jaccard e o algoritmo de agrupamento aglomerativo médio em grupo (*Group-average agglomerative clustering*, GAAC). O índice Jaccard baseia-se apenas na presença ou ausência de espécies, ignorando diferenças na abundância de espécies e calcula similaridade como o número de espécies compartilhadas entre dois grupos dividido pelo número total de espécies dos dois sites combinados (Jaccard 1901).

Testes de significância para as diferenças entre os grupos formados pelas análises de *cluster* foram realizados através de ANOSIM (análise de similaridade). As análises foram realizadas no programa *Primer 6*.

4. RESULTADOS

4.1. IDENTIFICAÇÃO E MORFOMETRIA DAS ALGAS

Ambas as espécies de *Sargassum* pelágicas foram identificadas nas amostras obtidas. As algas referentes aos eventos da praia do Atalaia (AT1-2015 e AT2-2015) foram identificadas como *S. fluitans*, e as referentes aos eventos e localidades IR-2014, AT3-2016 e MA-2016 como *S. natans*.

A espécie *S. natans* apresentou maior comprimento e largura média dos filóides e maior diâmetro médio dos pneumatocistos e do caulóide, quando comparado a *S. fluitans*. Entretanto, *S. fluitans* exibiu maior comprimento médio do caulóide. Foram observadas diferenças significativas entre *S. natans* e *S. fluitans* para o comprimento e largura do filóide ($p = 0,019$ e $p < 0,001$, respectivamente) e para o comprimento e diâmetro do caulóide ($p = 0,011$ e $p < 0,001$, respectivamente), porém não foram observadas diferenças no diâmetro do pneumatocisto (Tabela 1).

Tabela 1 – Valores médios para as medidas (mm) de filóide, pneumatocisto e caulóide para as diferentes espécies de *Sargassum* pelágicas coletadas na costa paraense. Diferenças significativas entre as espécies expressas por * ($p < 0,05$) e ** ($p < 0,001$).

Espécies	Filóide		Pneumatocisto	Caulóide	
	Comprimento	Largura	Diâmetro	Comprimento	Diâmetro
<i>S. fluitans</i>	18,1 ± 5,05	2,93 ± 0,72	3,66 ± 0,85	118 ± 42,78	0,73 ± 0,21
<i>S. natans</i>	19,04 ± 5,2	4,02 ± 1,14	3,72 ± 0,83	106,28 ± 36,25	1,18 ± 0,28
Mann-Whitney (H)	71493,5*	30813**	73237	3524,5*	847**

Pode-se avaliar as diferenças ocorridas entre dois eventos da praia do Atalaia (AT1-2015 e AT2-2015), pois estes contaram unicamente com amostras de *S. fluitans*. Os maiores valores de todas as medidas morfométricas foram observados para o evento AT2-2015, sendo observadas diferenças significativas entre os dois eventos apenas na largura do filóide (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores médios para as medidas (mm) de filóide, pneumatocisto e caulóide para os diferentes eventos ocorridos. Diferenças significativas entre eventos expressas por * ($p < 0,05$) e ** ($p < 0,001$).

Eventos	Filóide		Pneumatocisto	Caulóide	
	Comprimento	Largura	Diâmetro	Comprimento	Diâmetro
IR-2014	22,11±6,7	4,74±0,99	3,72±0,87	176,2±38,94	1,07±0,21
AT1-2015	17,87±4,12	2,8±0,58a	3,6±0,56	102,42±41,77a	0,71±0,21a
AT2-2015	18,24±5,54	3,01±0,79c	3,7±0,78	125,74±41,52b	0,73±0,21a
AT3-2016	19,41±5,84	4,37±1,5	3,89±0,7	116,4±35,43	0,84±0,22
MA-2016	18,66±4,83	3,91±1,07b	3,7±0,73	98,77±29,40a	1,24±0,26b
Mann-Whitney (U)	25614,5	23139*	24621,5	1067,5	1435,5

4.2. FAUNA ASSOCIADA

4.2.2. Fauna sésil de vida livre

A comunidade sésil de vida livre associada as algas foi composta de representantes de oito táxons, pertencentes aos filos Annelida (1), Chordata (1), Cnidaria (1), Arthropoda (2) e Mollusca (3). O poliqueta *Spirorbis* sp. esteve presente em todas as amostras e em ambas as espécies de *Sargassum* e sua frequência por amostra foi a maior entre todos os táxons. O segundo táxon com maior frequência por amostra foram as anêmonas da família Actiniidae (provavelmente *Anemonia sargassensis*, mas necessita de confirmação), porém sua ocorrência foi limitada ao fenômeno MA-2016 e a *S. natans* (Tabela 3).

As anêmonas da família Actiniidae foram os organismos mais abundantes, representando 67% do total de indivíduos contabilizados, devido sua dominância e ocorrência exclusiva na amostra de mar aberto, quando corresponderam a 87% dos organismos. Nos eventos IR-2014, AT1-2015, AT2-2015 e AT3-2016, o poliqueta *Spirorbis* sp. foi o organismo mais abundante (92, 55, 100 e 62% dos indivíduos, respectivamente).

Tabela 3 – Densidade total (org.g⁻¹) e frequência dos táxons por amostra (FT) estimada da fauna sésil de vida livre associada às algas por espécie e por evento de coleta na costa do estado do Pará. IR-2014: 30/06/2014 – Ilha dos Ratos; AT1-2015: 15/04/2015 – Praia do Atalaia; AT2-2015: 09/05/2015 – Praia do Atalaia; AT3-2016: 24/05/2016 – Praia do Atalaia; MA-2016: 23/04/2016 – Mar aberto.

Táxon	<i>S. fluitans</i>		<i>S. natans</i>			FT (%)
	AT1-2015	AT2-2015	IR-2014	AT3-2016	MA-2016	
Cnidaria						
Actiniidae					27,28	33,33%
Tunicata						
Ascidiacea	0,1				0,1	22,22%
Mollusca						
<i>Mytela guyanensis</i>				1,89		3,7%
Bivalvia (juvenil)			0,08	4,96		7,41%
<i>Propilidium</i> sp.			0,57	5,66		7,41%
Crustacea						
<i>Alepas</i> sp.	0,7					3,7%
Balanidae			0,16			3,7%
Annelida						
<i>Spirorbis</i> sp.	0,22	3,48	9,87	20,56	3,81	85,19%

Em relação às espécies de sargaço, *Spirorbis* sp. foi o mais abundante em *S. fluitans*, representando 97,92% dos organismos associados. A anêmona (Actiniidae) foi o táxon mais abundante em *S. natans*, correspondendo a 78,03% dos indivíduos (Figura 3). Em relação às regiões morfológicas da alga, para *S. fluitans*, o poliqueta *Spirorbis* sp. foi dominante no filóide (98,42%) e no caulóide (93,62%), sendo o único organismo a colonizar os pneumatocistos da alga. Já em *S. natans*, Actiniidae foi mais abundante em todas as estruturas (66,99% filóide; 87,46% caulóide; e 86,08% pneumatocisto) (Figura 4).

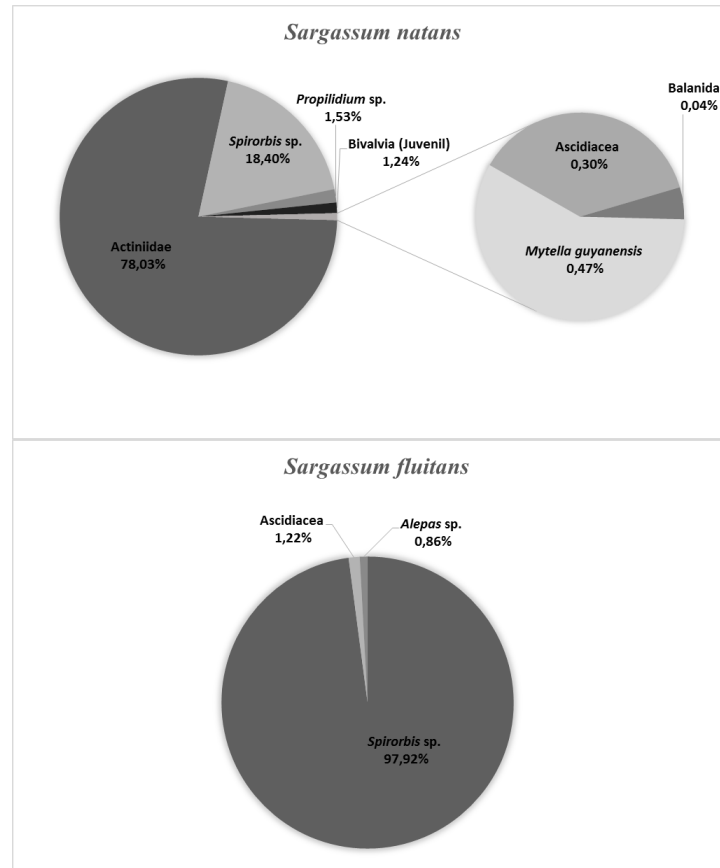


Figura 3 - Participação relativa dos táxons da fauna sésil de vida livre associada a *S. natans* e *S. fluitans*.

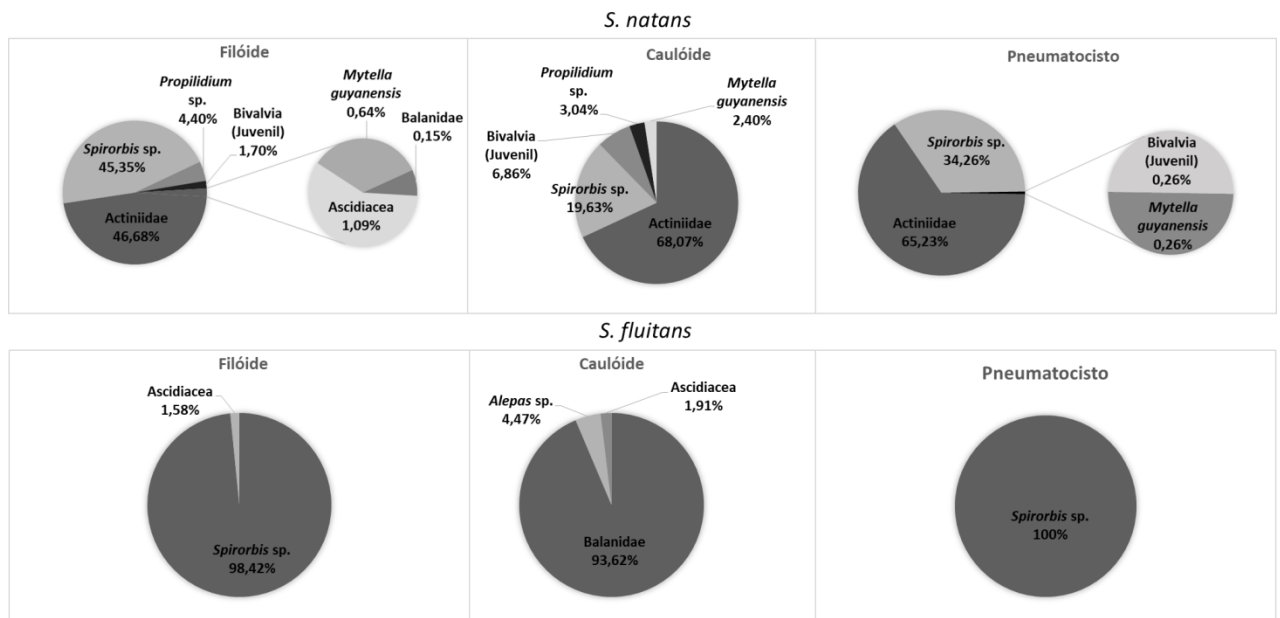


Figura 4 – Participação relativa dos táxons da fauna sésil de vida livre associada a *S. natans* e *S. fluitans* para as diferentes regiões morfológicas das algas.

A maior intensidade de colonização de organismos foi observada para o filóide das algas, tanto em *S. natans* quanto em *S. fluitans* (55 e 54% dos organismos encontrados,

respectivamente). Para *S. fluitans*, a colonização do pneumatocisto foi mais intensa que a colonização do caulóide, sendo observados 27% dos organismos associados ao pneumatocisto e 19% associados ao caulóide. Já em *S. natans*, a colonização dos pneumatocistos não apresentou diferença comparada a colonização do caulóide, porém, seguiu o mesmo padrão de *S. fluitans*, sendo maior no pneumatocisto (23% dos organismos) e menor no caulóide (22%) (Figura 5).

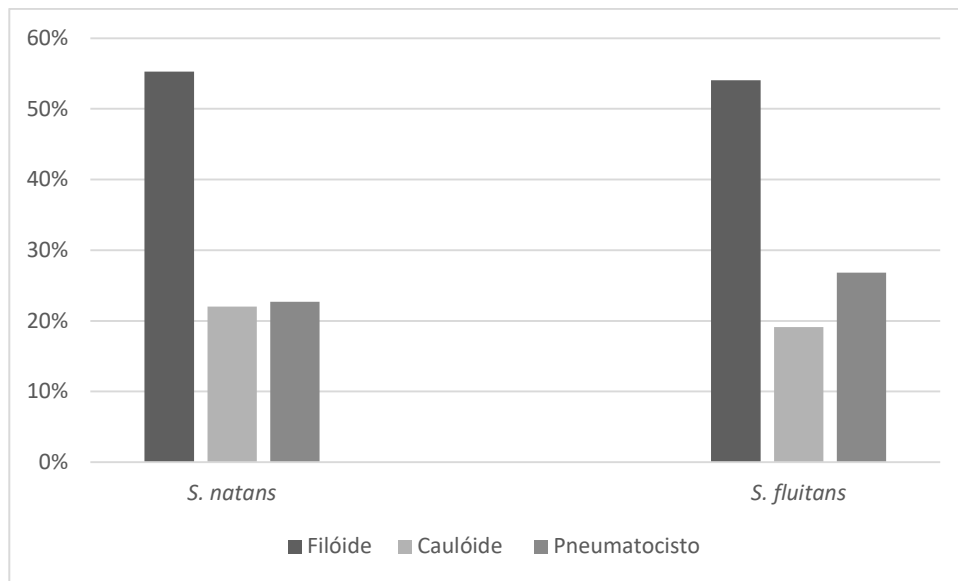


Figura 5 – Intensidade de colonização da fauna sésil de vida livre associada a *S. natans* e *S. fluitans* nas diferentes regiões morfológicas das algas.

Em geral, a amostragem em mar aberto apresentou maior densidade de organismos. As maiores riqueza e dominância ocorreram na ilha dos Ratos, e os menores valores ocorreram na praia do Atalaia. A maior diversidade e equitabilidade médias foram observadas na praia do Atalaia e os menores para a ilha dos Ratos. Foram detectadas diferenças significativas entre mar aberto e praia do Atalaia para a densidade ($p = 0,003$) e riqueza ($p < 0,028$) da comunidade associada (Tabela 4).

Tabela 4 – Valores médios para os índices ecológicos da fauna sésil de vida livre associada ao *Sargassum* nas diferentes localidades e resultado do teste de Mann-Whitney para comparação entre mar aberto e praia do Atalaia. Diferenças significativas entre as localidades expressas por * ($p < 0,05$) e ** ($p < 0,001$). IR: Ilha dos Ratos; MA: mar aberto; AT: Praia do Atalaia. S: riqueza de espécies; H': diversidade de Shannon; D: dominância de Simpson; J: equitabilidade de Pielou.

Localidades	Densidade (org.g-1)	S	H'	D	J
IR	10,7	4	0,47	0,47	0,24
AT	5,63 ± 9,19	1,22 ± 0,99	1 ± 0,36	0,19 ± 0,31	0,81 ± 0,13
MA	31,18 ± 2,82	2,44 ± 0,53	0,54 ± 0,16	0,21 ± 0,08	0,44 ± 0,15
Mann-Whitney (U)	6*	16,5*	33	37	34

Os únicos táxons que ocorreram associados a ambas as espécies foram o poliqueta *Spirorbis* sp. e a ascídia não identificada, sendo que ambos apresentaram maiores densidades em *S. natans* do que em *S. fluitans*. Ocorreram exclusivamente associados a *S. natans* os táxons Actiniidae, *Mytella guyanensis*, Bivalvia (juvenil), *Propilidium* sp. e Balanidae. A craca *Alepas* sp. ocorreu apenas em *S. fluitans* (Tabela 5).

Tabela 5 – Densidade total dos táxons da fauna sésil de vida livre associada a *S. natans* e *S. fluitans*.

Táxons	Densidade total (org.g ⁻¹)	
	<i>S. natans</i>	<i>S. fluitans</i>
Actiniidae	23,27	0
Ascidiacea	0,09	0,03
<i>Mytella guyanensis</i>	0,14	0
Bivalvia (juvenil)	0,37	0
<i>Alepas</i> sp.	0	0,02
Balanidae	0,01	0
<i>Propilidium</i> sp.	0,46	0
<i>Spirorbis</i> sp.	5,49	2,5

A comunidade associada a *S. natans* exibiu os maiores valores para todos os descritores ecológicos calculados, quando comparada a comunidade associada a *S. fluitans*. Foi verificada diferença significativa na densidade ($p < 0,001$), riqueza ($p < 0,001$) e diversidade ($p = 0,026$) entre as duas espécies (Tabela 6).

Tabela 6 – Valores médios para os índices ecológicos da fauna sésil de vida livre associada a *S. natans* e *S. fluitans*, e resultado do teste de Mann-Whitney para comparação destes entre as duas espécies. Diferenças significativas entre as espécies expressas por * ($p < 0,05$) e ** ($p < 0,001$). S: riqueza de espécies; H': diversidade de Shannon; D': dominância de Simpson; J':equitabilidade de Pielou.

Espécie de <i>Sargassum</i>	Densidade (org.g ⁻¹)	S	H'	D'	J'
<i>S. fluitans</i>	3,92±6,07	0,94 ± 0,68	0,16 ± 0,34	0,17 ± 0,3	0,16 ± 0,34
<i>S. natans</i>	29,49±6,75	2,73 ± 0,79	0,62 ± 0,33	0,24 ± 0,13	0,45 ± 0,18
Mann-Whitney (U)	1**	7,5**	27*	59	31

Os táxons Actiniidae, *Mytella guyanensis*, Bivalvia (juvenil), *Spirorbis* sp., estiveram presentes em todas as regiões morfológicas de *S. natans*, sendo que Actiniidae e *Spirorbis* sp. foram mais frequentes no filóide e *Mytella guyanensis* e Bivalvia (juvenil) no caulóide da alga. Ascidiacea foi colonizador exclusivo do filóide. O táxon Balanidae foi encontrado apenas no filóide, entretanto o táxon contou com apenas 2 indivíduos nas amostras, o que impossibilita afirmar que este táxon colonizou exclusivamente a estrutura. *Propilidium* sp. foi observado tanto no filóide quanto no caulóide, mas não ocorreu no pneumatocisto, este apresentou uma preferência quantitativa pelo filóide (Tabela 7). A comunidade associada ao filóide apresentou os maiores valores de densidade e riqueza médias. Os maiores valores de diversidade, dominância e equitabilidade ocorreram para a fauna associada ao pneumatocisto (Tabela 8).

Tabela 7 – Densidade total (org.g⁻¹) dos táxons da fauna sésil de vida livre associada a *S. natans* e *S. fluitans* para as diferentes regiões morfológicas das algas.

Táxons	<i>S. natans</i>			<i>S. fluitans</i>		
	Filóide	Caulóide	Pneumatocisto	Filóide	Caulóide	Pneumatocisto
Actiniidae	3,81	2,19	2,21	0	0	0
Ascidiacea	0,09	0	0	0,02	0,01	0
<i>Mytella guyanensis</i>	0,05	0,08	0,01	0	0	0
Bivalvia (juvenil)	0,14	0,22	0,01	0	0	0
<i>Alepas</i> sp.	0	0	0	0	0,02	0
Balanidae	0,01	0	0	0	0	0
<i>Propilidium</i> sp.	0,36	0,1	0	0	0	0
<i>Spirorbis</i> sp.	3,7	0,64	1,15	1,36	0,46	0,69

O poliqueta *Spirorbis* sp. também ocorreu em todas as estruturas de *S. fluitans*, sendo o único colonizador dos pneumatocistos, se fixando principalmente no filóide da alga. O crustáceo *Alepas* sp. colonizou exclusivamente o caulóide da alga. O táxon Ascidiacea esteve presente tanto nos caulóides quanto nos filóides, apresentando maior colonização no filóide, sendo ausente nos pneumatocistos (Tabela 7). Os maiores valores de densidade foram

observados no filóide. O caulóide apresentou a maior riqueza média (Tabela 8). Não foi possível o cálculo dos demais índices para comparação, pois foi encontrada apenas uma espécie no filóide e pneumatocisto nas amostras de *S. fluitans*.

A espécie *S. natans* apresentou diferença significativa na densidade de organismos entre filóide e caulóide, e entre filóide e pneumatocisto ($p < 0,001$). Não foram identificadas diferenças nos demais descritores ecológicos para a espécie. Em *S. fluitans* não foram observadas diferenças significativas na colonização de diferentes regiões morfológicas da alga (Tabela 8).

Tabela 8 – Valores médios dos índices ecológicos da fauna sésil de vida livre associada a *Sargassum natans* e *S. fluitans* para as diferentes estruturas da alga e resultado do teste de Kruskal-Wallis para comparação entre filóide, caulóide e pneumatocisto. Diferenças significativas entre as regiões morfológicas das algas expressas por * ($p < 0,05$) e ** ($p < 0,001$). S: riqueza de espécies; H': diversidade de Shannon; D: dominância de Simpson; J: equitabilidade de Pielou.

Espécie	Estrutura	Densidade (org.g ⁻¹)	S	H'	D	J
<i>S. fluitans</i>	Filóide	1,67±2,45	0,69±0,6	-	-	-
	Caulóide	1,26±3,11	0,75±0,68	0,87±0,15	0,41±0,09	0,87±0,15
	Pneumatocisto	0,98±1,4	0,5±0,52	-	-	-
	Kruskal-Wallis (H)	0,601	1,217	-	-	-
<i>S. natans</i>	Filóide	8,55±6,2a	2,64±0,67	0,86±0,26	0,37±0,12	0,66±0,21
	Caulóide	3,25±1,46b	2,27±0,65	0,82±0,47	0,35±0,19	0,69±0,23
	Pneumatocisto	3,22±1,68b	2±0,45	0,95±0,21	0,45±0,09	0,90±0,11
	Kruskal-Wallis (H)	17,772**	6,442	1,647	1,81	2,789

4.3.3. Fauna sésil colonial

A fauna sésil colonial foi representada pelos táxons *Membranipora* sp. e *Obelia dichotoma*. Ambos ocorreram em todos os eventos e estiveram presentes em 88,89% das amostras.

Para a classificação da colonização de *Membranipora* sp. sobre a alga, foram analisados 330 filóides, 330 pneumatocistos e 78 caulóides de *S. natans*, e 480 filóides, 480 pneumatocistos e 120 caulóides de *S. fluitans*. A colonização foi mais intensa em *S. natans* do que em *S. fluitans*, tanto considerando a colonização da alga inteira, quanto em cada região morfológica distinta (Figura 6). Houveram diferenças significativas tanto na colonização total da alga entre as espécies ($p < 0,001$), quanto na colonização das diferentes regiões morfológicas das algas (Tabela 9).

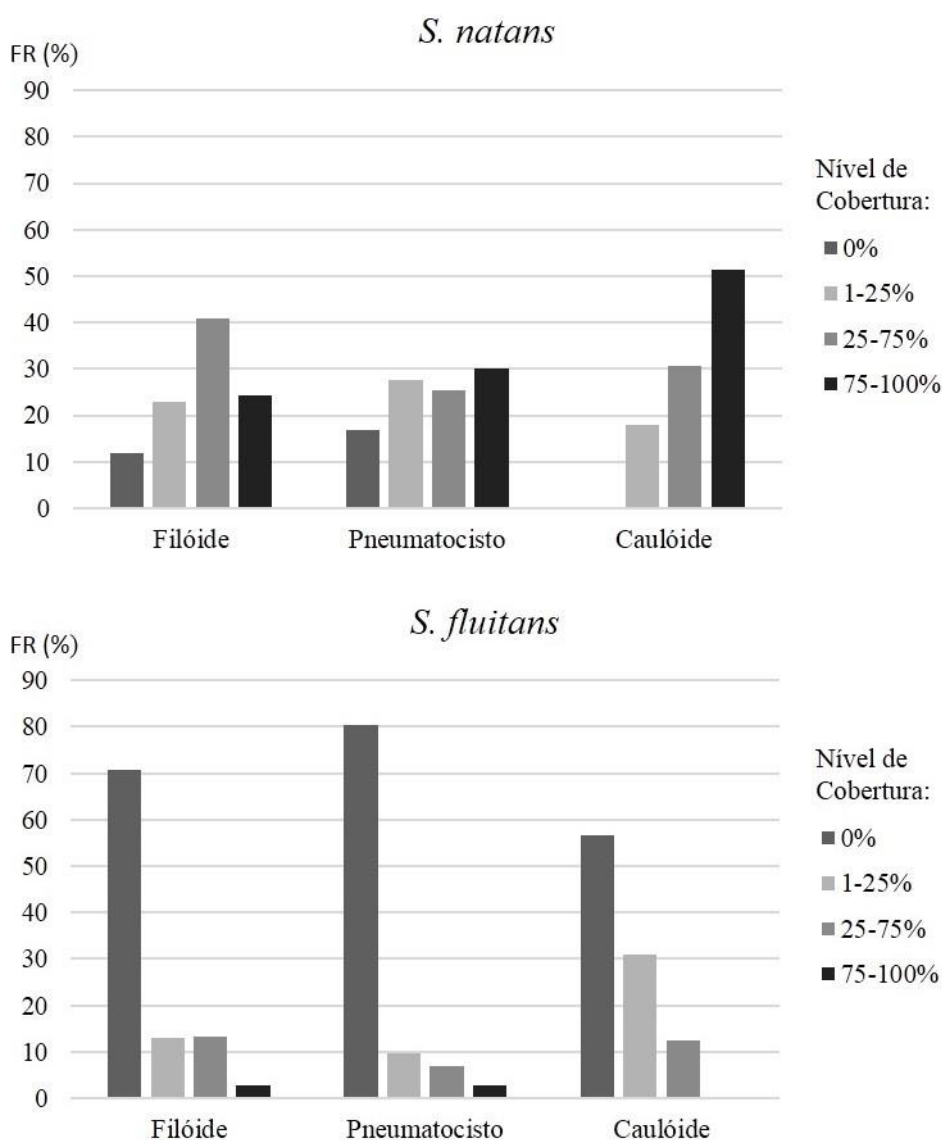


Figura 6 - Colonização de *Membranipora* sp. (Bryozoa) sobre as diferentes estruturas de *S. fluitans* e *S. natans* de amostras coletadas na costa paraense. FR: Frequência Relativa

Tabela 9 - Resultado dos testes de Mann-Whitney e Kruskal-Wallis para comparação da colonização de *Membranipora* sp. (Bryozoa) nas diferentes espécies de *Sargassum* e suas estruturas. F: Filóide; C: Caulóide; P: Pneumatocisto.

Variável	H	U	p
<i>S. fluitans</i> x <i>S. natans</i>	-	126094,5	< 0,001
F x C x P para <i>S. fluitans</i>	25,346	-	< 0,001
F x C x P para <i>S. natans</i>	27,021	-	< 0,001
<i>S. fluitans</i> x <i>S. natans</i> para Filóide	-	26931	< 0,001
<i>S. fluitans</i> x <i>S. natans</i> para Pneumatocisto	-	25742,5	< 0,001
<i>S. fluitans</i> x <i>S. natans</i> para Caulóide	-	600,5	< 0,001

Em relação a *S. natans*, a maioria dos filóides apresentou colonização classificada como moderada (40,91% das estruturas analisadas). Para os pneumatocistos foi observada colonização variando entre fraca, moderada e intensa, sendo 27,58% das estruturas analisadas classificadas dentro da primeira categoria, 25,45% dentro da segunda e 30% dentro da última. A colonização dos caulóides foi classificada predominantemente como intensa (51,28% dos caulóides analisados foram classificados dentro desta categoria). Quanto a *S. fluitans*, a colonização dos filóides, caulóides e pneumatocistos foi predominantemente classificada como inexistente, sendo 70,83%, 80,42% e 56,67% das estruturas analisadas classificadas nesta categoria, respectivamente (Figura 6). Quando comparada a colonização das diferentes estruturas da alga para cada espécie, foram observadas diferenças entre caulóide e pneumatocisto, e caulóide e filóide para *S. natans* ($p < 0,001$). Para *S. fluitans*, diferenças foram detectadas entre caulóide e pneumatocisto, e filóide e pneumatocisto ($p < 0,001$) (Tabela 9).

Quanto aos pontos de coleta, a abundância e densidade média de *Obelia dichotoma* apresentaram os maiores valores nas arribações coletadas na praia do Atalaia ($6047 \pm 14358,8$ hidrantes e $296,6 \pm 694,6$ hidrantes.g⁻¹, respectivamente), valores intermediários em mar aberto ($2651 \pm 2213,4$ hidrantes e $164 \pm 132,2$ hidrantes.g⁻¹, respectivamente) e valores mínimos no ponto IR (87 hidrantes e 7,1 hidrantes.g⁻¹, respectivamente). Não foi observada diferença significativa na densidade entre as localidades ($p = 0,064$) (Tabela 10).

Tabela 10 – Abundância e densidade de *Obelia dichotoma* para as diferentes localidades de coleta e resultado do teste de Mann-Whitney para comparação entre a praia do Atalaia e mar aberto.

Localidades	Abundância média (n° de hidrantes)	Densidade média (hidrantes. g ⁻¹)
Ilha dos Ratos	87	7,1
Praia do Atalaia	$6047 \pm 14358,8$	$296,6 \pm 694,6$
Mar aberto	$2651 \pm 2213,4$	$164 \pm 132,2$
Mann-Whitney (U)		19

Sargassum fluitans apresentou a maior abundância ($6.351 \pm 14.773,2$ hidrantes) e densidade média ($309,1 \pm 715,4$ hidrantes.g⁻¹) de *Obelia dichotoma* em relação a *S. natans*. Sendo verificada diferença significativa entre as espécies na densidade do táxon ($p = 0,006$) (Tabela 11).

Tabela 11 - Abundância e densidade médias de *Obelia dichotoma* associada a *S. fluitans* e *S. natans*, e resultado do teste de Mann-Whitney para comparação entre as espécies. Diferenças significativas entre as espécies expressas por * ($p < 0,05$) e ** ($p < 0,001$).

Espécie	<i>N</i>	Abundância (n° de hidrantes)	Densidade (hidrantes. g ⁻¹)
<i>S. fluitans</i>	16	6351±14773,2	309,1±715,4
<i>S. natans</i>	11	2285 ±2153,9	143,5±128,2
Mann-Whitney (U)			18*

Em *S. fluitans*, os maiores valores médios de abundância e densidade ocorreram no caulóide da alga (3865 ±12489,1 hidrantes e 187,3±610,4 hidrantes.g⁻¹, respectivamente) e as menores no pneumatocisto (266±619,2 hidrantes e 16±34,4 hidrantes.g⁻¹, respectivamente). Entretanto, em *S. natans*, maior abundância e densidade ocorreram no filóide (1314±1318,9 hidrantes e 82,9±78,7 hidrantes.g⁻¹, respectivamente) e os menores valores no pneumatocisto (404±455,5 hidrantes e 24,8±27,7 hidrantes.g⁻¹, respectivamente). Não ocorreu diferença significativa na densidade entre as diferentes estruturas de *S. fluitans* ($p = 0,133$). Contudo, ocorreu diferença significativa na densidade entre caulóide e pneumatocisto em *S. natans* ($p = 0,012$) (Tabela 12).

Tabela 12 - Abundância e densidade médias de *Obelia dichotoma* associada a diferentes estruturas das algas, dados combinados e dados para *S. fluitans* e *S. natans* e resultado do teste de Mann-Whitney para comparação entre as estruturas. Diferenças significativas entre as regiões morfológicas das algas expressas por * ($p < 0,05$) e ** ($p < 0,001$).

<i>S. fluitans</i>		
Estrutura	Abundância (n° de hidrantes)	Densidade (hid. g ⁻¹)
Filóide	2220 ± 4338,5	105,9 ± 198,5
Caulóide	3865 ± 12489,1	187,3 ± 610,4
Pneumatocisto	266 ± 619,2	16 ± 34,4
Kruskal-Wallis (H)		4,04
<i>S. natans</i>		
Estrutura	Abundância (n° de hidrantes)	Densidade (hid. g ⁻¹)
Filóide	1314 ± 1318,9	82,9 ± 78,7ab
Caulóide	567 ± 568,1	35,8 ± 34,4a
Pneumatocisto	404 ± 455,5	24,8 ± 27,7b
Kruskal-Wallis (H)		7,194*

4.3.4. Estrutura das comunidades associadas

A análise de agrupamento hierárquico aglomerativo em modo Q (Figura 7) exibiu um padrão geral de agrupamento onde verificasse uma tendência de separação entre as amostras correspondentes ao mar aberto (MA-2016) e as amostras correspondentes a regiões costeiras (IR-2014, AT1-2015, AT2-2015 e AT3-2016). Pode-se observar também uma tendência de

separação entre as amostras da espécie *S. natans* e as amostras da espécie *S. fluitans*. Na análise de ANOSIM, quanto as localidades de coleta, houve diferença significativa entre a praia do Atalaia e o mar aberto ($p=0,022$). Quanto as espécies de *Sargassum*, ocorreu diferença significativa na estrutura faunística das amostras de *S. fluitans* e *S. natans* ($p=0,002$).

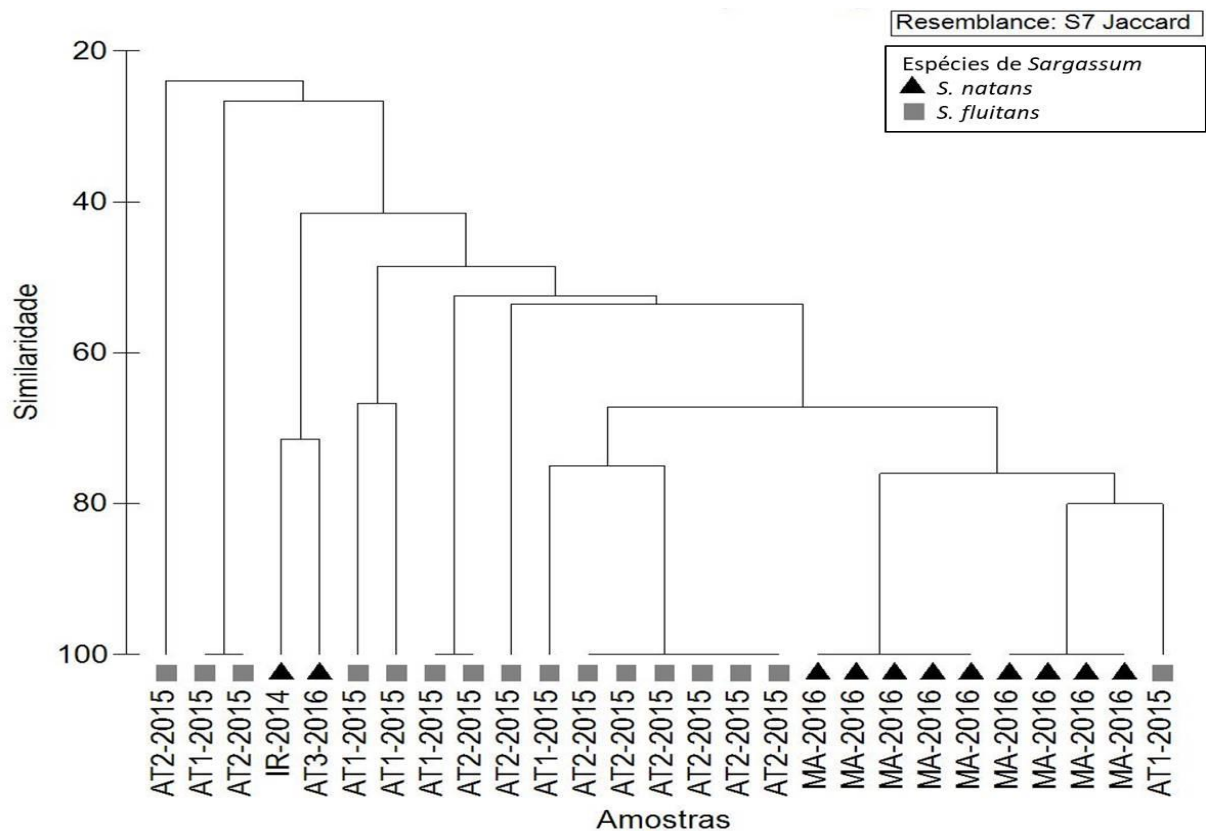


Figura 7 - Dendrograma (modo Q) de agrupamento das amostras, a partir da matriz de similaridade baseada nos táxons sésseis de vida livre e coloniais associados ao *Sargassum*. IR-2014: 30/06/2014 – Ilha dos Ratos; AT1-2015: 15/04/2015 – Praia do Atalaia; AT2-2015: 09/05/2015 – Praia do Atalaia; AT3-2016: 24/05/2016 – Praia do Atalaia; MA-2016: 23/04/2016 – Mar aberto.

A análise de agrupamento hierárquico aglomerativo do modo R (Figura 8), apresentou a formação de três grupos principais, o primeiro (a) formado somente pelo táxon *Alepas* sp.. O segundo (b) composto por Balanidae, *M. guyanensis*, Bivalvia (Juvenil) e *Propilidium* sp.. E o terceiro grupo (c) apresentou Ascidiacea, Actiniidae, *Obelia dichotoma* e *Membranipora* sp. como seus componentes.

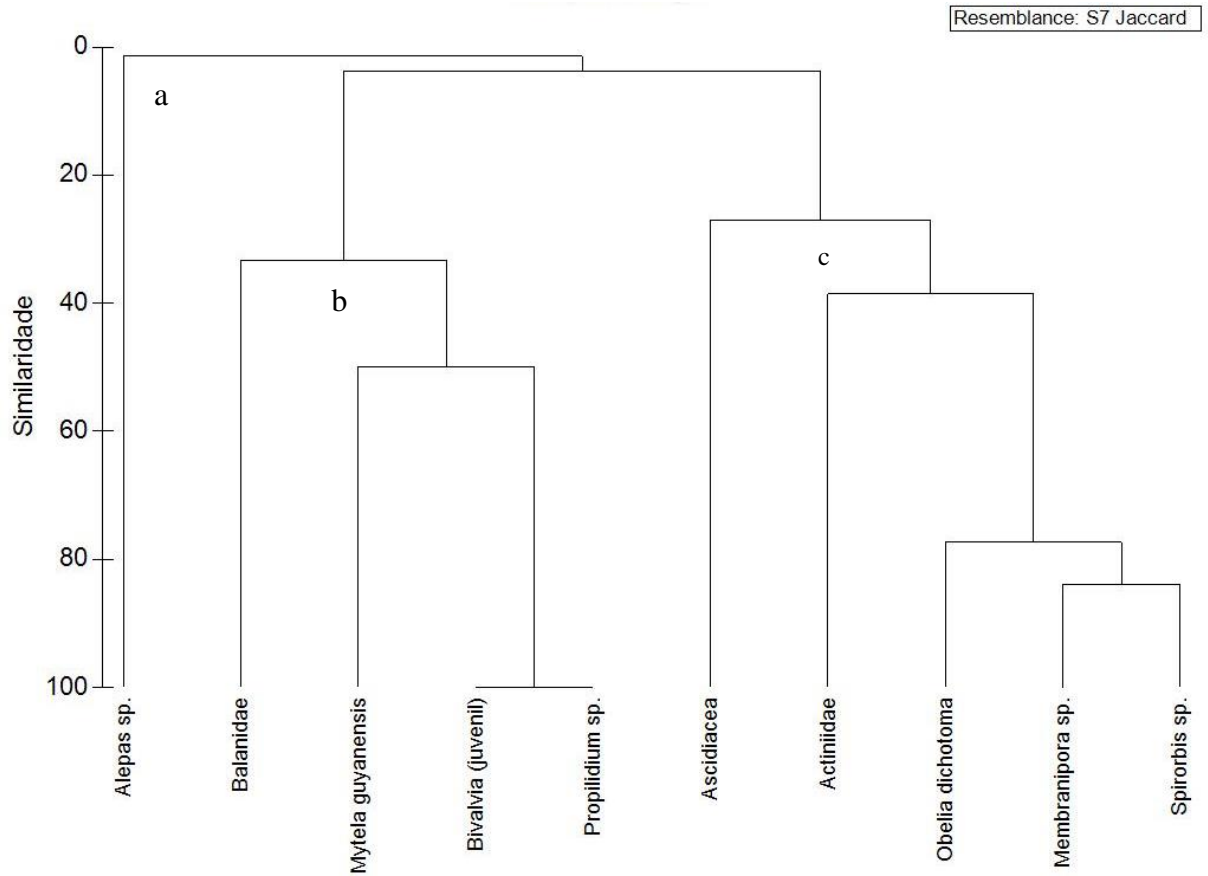


Figura 8 - Dendrograma (modo R) dos táxons da fauna sésil de vida livre e colonial associada ao *Sargassum* pelágico coletado na costa paraense.

5. DISCUSSÃO

5.1 PROCESSOS OCEANOGRÁFICOS DE TRANSPORTE DE *SARGASSUM*

Três hipóteses foram levantadas para explicar a ocorrência das arribações de *Sargassum* pelágico na costa amazônica: i) o transporte de manchas da alga do mar de Sargaço em direção a baixas latitudes (Webster & Linton 2013), ii) o deslocamento de manchas formadas no Caribe para a costa do Brasil (Gower & Kin 2011); e iii) a existência de uma nova matriz de *Sargassum* pelágico no Oceano Atlântico Central (Gower *et al.* 2013).

Análises de imagens de satélite mostram claramente uma nova área de crescimento de *Sargassum* pelágico ao norte da foz do rio Amazonas, centrada por volta de 7° N 45° O, sendo o aumento na quantidade das algas na região detectado a partir de 2011 (Gower *et al.* 2013). Tal área provavelmente deu origem aos eventos de florações de *Sargassum* pelágico para a costa Norte do Brasil, visto que não foram observadas evidências de manchas de sargaço se deslocando para sul a partir do mar de sargaço durante o período em que ocorreram os eventos de encalhe do ano de 2015 (Sissini *et al.* 2017). Através destas observações, a hipótese iii torna-se a mais provável entre as descritas acima.

A formação dessa nova matriz de sargaço pode ser atribuída a alterações na dinâmica do transporte oceânico/atmosférico, combinadas com altas temperaturas da água e o fornecimento de elevadas concentrações de nutrientes para a região. Pequenas quantidades de sargaço pelágico do atlântico norte subtropical são transportadas para a Região Norte Equatorial de Recirculação (NERR) ao longo da costa oeste da África, posteriormente para a corrente das Canárias, e depois para o golfo da Guiné via corrente da Guiné (Franks *et al.* 2016a). No verão boreal, as algas podem passar determinado período de tempo circulando dentro da NERR antes de serem transportadas para fora da região pela quebra da Contra Corrente Norte Equatorial (CCNE) resultado da migração para o sul da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e dos ventos alísios de inverno que substituem os *doldrums*. Um enfraquecimento dos ventos alísios nos anos anteriores aos eventos, e assim a prevalência dos *doldrums*, podem enfraquecer o fluxo para fora da NERR e fortalecer a recirculação dentro da região (Franks *et al.* 2016a). Assim, durante os anos precedentes aos eventos, as condições do oceano e atmosfera provavelmente favoreceriam uma forte e anormal recirculação do *Sargassum* pelágico dentro da NERR e uma remoção de inverno mais fraca que o normal. Portanto haveria uma tendência de retenção do *Sargassum* pelágico na NERR durante os anos precedentes aos eventos, principalmente em duas áreas: uma correspondendo a área central da

NERR e no golfo da Guiné, e outra em uma área ao norte do Brasil, incluindo a Retroflexão da Corrente Norte do Brasil (RCNB) e a CCNE (Franks *et al.* 2016b).

Nessas regiões, as algas são expostas a nutrientes que vem das descargas dos rios Amazonas e Congo, das ressurgências equatorial e africana, e da poeira mineral atmosférica advinda da África (*african dust*) que se espalha para a oeste no verão atingindo a porção norte da NERR, e no inverno para o golfo da Guiné e através do atlântico para a bacia do Amazonas (Figura 9) (Franks *et al.* 2016a). Vale ressaltar que durante o ano de 2011, quando se iniciou a detecção de grandes quantidades de algas ao norte da foz do Amazonas, ocorreu um declínio na massa do oceano, coincidente com um aumento equivalente no armazenamento de água terrestre, principalmente na Austrália, no sudeste asiático e no norte da América do Sul.

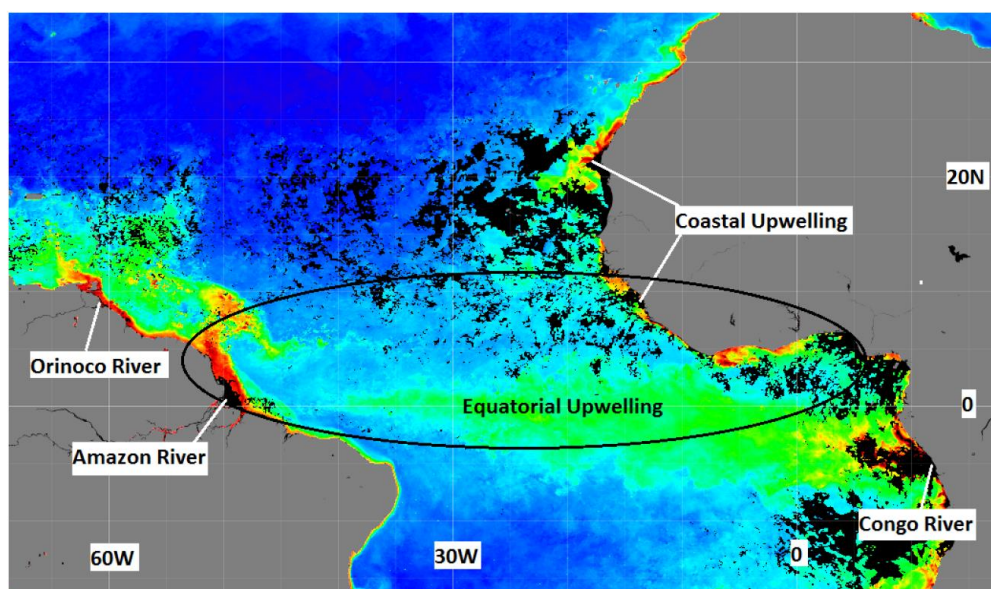


Figura 9 – Concentração de clorofila-a em Agosto de 2011 mostrando as múltiplas fontes de nutrientes no atlântico tropical, na região de influência da NERR. Fonte: Franks *et al.* (2016b)

Essa mudança está relacionada com a transição de um forte evento de El niño para um forte evento de La niña, que afetou os padrões de precipitação em todo o mundo (Boeing *et al.* 2012). Com o aumento do armazenamento de água no continente na América do sul, provavelmente houve um aumento no aporte dos grandes rios da costa norte brasileira para o oceano, e assim um provável maior aporte de nutrientes para a plataforma amazônica, favorecendo ainda mais o crescimento e consolidação do sargaço. Adicionalmente a NERR se localiza na região equatorial, estando relacionada a ZCIT, que por sua vez está intimamente ligada a elevadas temperaturas da superfície do mar (Franks *et al.* 2016a). Assim, as altas

temperaturas somadas ao elevado aporte de nutrientes para NERR, devem ter possibilitado uma elevada taxa de crescimento das algas na região.

É provável que as algas dos eventos estudados estavam geralmente submetidas durante seu processo de crescimento e recrutamento de fauna associada, à águas de elevadas temperaturas e com alta concentração de nutrientes. Mapas obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) mostram estas altas temperaturas para a região do oceano Atlântico equatorial, com valores variando de 25 a 30 °C, durante os meses em que foram realizadas as amostragens (Figura 10).

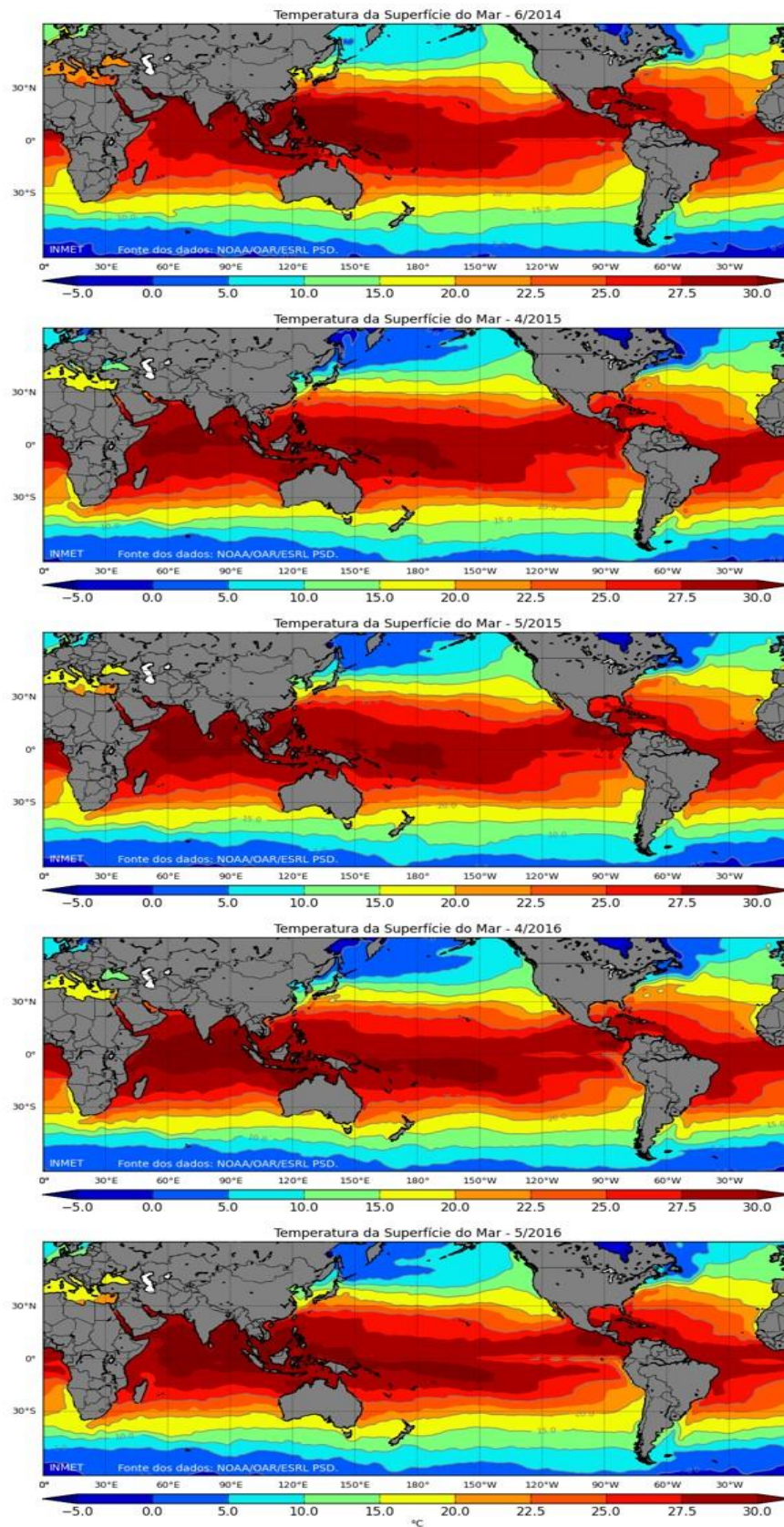


Figura 10 - Média da temperatura da superfície do mar (TSM) para os meses de junho de 2014 (coleta na ilha dos ratos), abril e maio de 2015 (coleta nos eventos AT1-2015 e AT2-2015) e abril e maio de 2016 (coleta em mar aberto e no evento AT3-2016). Fonte: INMET.

5.2. OCORRÊNCIA DAS ESPÉCIES PELÁGICAS DE *SARGASSUM*

Em geral, observa-se uma correlação positiva de ocorrência entre *Sargassum natans* e *S. fluitans*, já que ambas seguem as mesmas leis gerais de dispersão ou agregação local sob a influência de ventos e correntes (Parr 1939). Porém, geralmente *S. natans* é observada como sendo a espécie mais abundante de *Sargassum* na coluna de água, correspondendo a quase 90% da biomassa de algas do mar de Sargaço e áreas adjacentes (Parr 1939; Niermann 1986; Schell, *et al.* 2015).

No presente estudo, foi detectada a presença de uma única espécie de *Sargassum* por amostragem. Porém, ambas as espécies pelágicas ocorreram em diferentes encalhes na praia do Atalaia, sendo que *S. fluitans* ocorreu em 2015 e *S. natans* em 2016. A proporção de uma espécie de alga em relação a outra pode variar amplamente dentro de uma mancha, devido a fatores específicos que determinam a taxa de crescimento e reprodução das espécies de *Sargassum* em um determinado ambiente (Parr 1939). A distribuição das algas dentro de uma mancha também pode variar devido a fatores que influenciam na acumulação do *Sargassum* durante o processo de formação de manchas (Parr 1939). Assim, provavelmente a ocorrência exclusiva de uma única espécie de *Sargassum* por evento refere-se apenas a variações na da proporção de uma espécie em relação a outra dentro das manchas da alga.

5.3. MORFOMETRIA DAS ALGAS

As medidas morfológicas obtidas para *S. natans* corroboraram com Széchy *et al.* (2012), que observou que espécimes da plataforma amazônica são semelhantes as descritas para o oceano Atlântico Norte quanto a largura dos filóides, mas diferem quanto ao comprimento dos mesmos. Quanto a *S. fluitans*, as medidas obtidas para o filóide diferem das medidas descritas para o oceano Atlântico Norte, sendo os filóides das algas tratadas nesse trabalho mais estreitos e menos compridos (Taylor, 1960; Schneider; Searles 1991; Littler; Littler 2000; Dawes; Mathieson 2008).

O resultado está dentro do esperado, visto que em regiões de baixas latitudes as macroalgas são geralmente menores que as de baixas latitudes (Thiel & Gutow 2005), devido a condições de temperatura mais elevadas que aumentam o metabolismo das algas e, conseqüentemente, sua demanda por energia, diminuindo assim a quantidade de energia disponível para o crescimento. Assim, esta observação de filóides menores nas amostras coletadas na plataforma amazônica, pode indicar que as algas cresceram em um ambiente de baixas latitudes, reiterando a hipótese de que as algas são provenientes da NERR.

As diferenças detectadas entre as duas espécies de *Sargassum* quanto a morfometria provavelmente refletem apenas diferenças interespecíficas. Já as diferenças observadas entre as amostras advindas de distintos eventos de arribações podem estar ligadas a variações nas condições ambientais onde as algas cresceram e se consolidaram, visto a grande extensão da NERR e prováveis gradientes dentro dela. Vale ressaltar que ambas as espécies pelágicas de *Sargassum* possuem ampla plasticidade morfológica, sendo descritas oito diferentes formas para *S. natans* e pelo menos três para *S. fluitans* (Parr 1939). A distinção das diferentes formas é importante e pode auxiliar a traçar as rotas de dispersão e distribuição de matrizes de *Sargassum*. A diversidade genética ainda é tópico de pesquisas, sendo raras as regiões do genoma que permitem a separação entre as espécies (Amaral-Zetler *et al.* 2016). As diferentes formas propostas por Parr (1939) são bastante semelhantes geneticamente e sequenciadores primários específicos estão sendo testados para separar tais formas (Amaral-Zetler, Mariana Cabral Oliveira comunicação pessoal). No presente estudo, a variedade *S. fluitans* (III) foi identificada, entretanto não foi possível separar a forma *S. natans* (I) de *S. natans* (VIII), provavelmente devido as condições atípicas da área de crescimento das algas. Tal dado adiciona novas informações ao conhecimento científico sobre o *Sargassum*, visto que não há registros sobre as diferentes variedades.

Quanto a morfometria de *S. fluitans* (III), o presente trabalho contou com algas com menores comprimentos e larguras dos filóides quando comparado a algas encontradas em eventos de arribações para o Caribe (Schell *et al.* 2015). Este resultado também está dentro do esperado, pois, como exposto acima, macroalgas apresentam menores tamanhos em baixas latitudes, devido as condições de temperatura mais elevadas.

5.4. FAUNA ASSOCIADA

A maioria dos principais táxons associados ao *Sargassum* pelágico relatados em literatura foram ausentes no presente estudo (Tabela 13), refletindo a influência dos diferentes parâmetros ambientais encontrados no oceano Atlântico central. Vale ressaltar que comparações quanto a fauna móvel foram enviesadas, devido ao método de coleta utilizado, que resultou na perda da maioria dos organismos.

Tabela 13 – Principais táxons associados ao *Sargassum* pelágico reportados na literatura científica. PCA: plataforma continental amazônica.

autor	Espécie de <i>Sargassum</i>	Área	Data de amostragem	Nº Pontos / Nº de amostras	Nº de Táxons	Principais táxons
Huffard <i>et al.</i> (2014)	<i>S. natans</i> e <i>S. fluitans</i>	Mar de Sargaço	12/2011	4/7	23	<i>Latreutes fucorum</i> , <i>Ampithoe</i> , <i>Sunampithoe</i> , hydroids
Calder (1995)	<i>S. fluitans</i> e <i>S. natans</i>	Mar de Sargaço	03/1982; 04, 09 e 12/1992	5/8	10	<i>Clytia noliformis</i> , <i>Aglaophenia latecarinata</i> , <i>Plumularia strictocarpa</i> , <i>Obelia dichotoma</i>
Niermann (1986)	<i>S. natans</i> (I)	Mar de Sargaço	3-5/1979	17/139	7	<i>Membranipora tuberculata</i> , <i>Clytia noliformis</i> , <i>Melobesia</i> sp.
Stoner & greening (1984)	<i>S. natans</i> & <i>S. fluitans</i>	Mar de Sargaço e corrente do Golfo	06-7/1981	6 / 78	23 spp.	<i>Latreutes fucorum</i> , <i>Litiopa melanostoma</i> , <i>Bagatus minutus</i> , <i>Planes minutus</i>
Oliveira <i>et al.</i> (1979)	<i>S. hystrix</i> , <i>S. platycarpum</i> (amostras pelágicas)	Nordeste do Brasil	06/1978	2	37 algas; 5 metazoários	Brachyura, <i>Lepas</i> , <i>Scyllaea</i> , bryozoan, hydroids
Fine (1970)	<i>Sargassum</i> sp. pelágico	Mar de Sargaço	10/1968; 4-5/1969	23/34	37	<i>Gnesioceros sargassicola</i> , <i>Latreutes fucorum</i> , <i>Litiopa</i>
Weis (1968)	<i>S. natans</i> & <i>S. fluitans</i>	Corrente do Golfo	10/1966	1/ 4	22	<i>Aglaophenia</i> , <i>Clytia</i> , <i>Membranipora</i> , <i>Spirorbis</i> , <i>Rissoa</i> , <i>Bittium</i> , <i>Latreutes</i>
Ryland (1974)	<i>S. natans</i>	Mar de Sargaço	09/1971	1/33	1 alga, 3 metazoários	<i>Membranipora tuberculata</i> , <i>Clytia noliformis</i> , <i>Janua formosa</i> , <i>Calothrix</i>
Conover; Sieburth (1964)	<i>S. natans</i> e <i>S. fluitans</i>	Mar de Sargaço e Caribe	10/1962	Experimentos de colonização	6 algas, 2 metazoários	Briozoários e hidrozoários
Este trabalho	<i>S. natans</i> e <i>S. fluitans</i>	PCA	6/2014;4-5/2015;4-5/2016;	3/27	17 metazoários (8 fauna sésil e 9 fauna móvel)	<i>Spirorbis</i> sp., Actiniidae, <i>Membranipora</i> sp., <i>Obelia dichotoma</i> , <i>Janira</i> sp. e <i>Latreutes fucorum</i>

5.4.1. Fauna sésil de vida livre

A fauna sésil de vida livre associada as algas encontradas no nordeste paraense diferiu da descrita para trabalhos realizados no mar de Sargaço e corrente do Golfo, sendo as únicas exceções o poliqueta *Spirorbis* sp. (Timmermann 1932; Weis 1968; Niermann 1986; Huffard *et al.* 2014; Ryland 1974; Calder 1995; Fine 1970), provavelmente a anêmona da família Actiniidae (caso seja confirmada a classificação como *Anemonia sargassensis*) (Fine 1970; Adams 1960) e provavelmente a ascídia não identificada (caso seja confirmada a classificação como *Diplosoma gelatinosum*) (Hentschel 1922; Adams 1960; Timmermann 1932). A identificação a nível específico destes últimos dois táxons depende de amostra do animal *in vivo*, ou preservado em etanol. Infelizmente, as amostras do estudo foram fixadas em formaldeído, impedindo a identificação por biologia molecular.

As associações de animais às espécies pelágicas de sargaço provavelmente dependem de onde e quando as manchas de algas foram primeiro colonizadas, da sua história de contato com outras manchas e do fluxo de organismos entre manchas em grandes aglomerados (Stoner; Greening 1984). Além do mais, a influência de predadores e competidores potenciais é provável, porém desconhecida, para a estruturação da comunidade associada (Stoner; Greening 1984). Assim, a composição de espécies associadas as algas pode variar amplamente de acordo com o local de recrutamento da fauna associada, sendo também influenciada pela pressão que os predadores da área exercem sobre os organismos.

Provavelmente, as algas que estavam retidas na NERR e se desprenderam em direção a costa Nordeste e Norte do Brasil, provavelmente sofreram uma perda de espécies, devido as novas condições ambientais encontradas pelos organismos. Este fato pode ser inferido através da observação de uma grande quantidade de tubos calcários de *Spirorbis* sp. encontrados vazios, assim como as colônias de briozoários e hidrozoários onde no geral só o exoesqueleto foi encontrado. Posteriormente, pode ter havido uma recolonização do substrato por espécies mais adaptadas as condições ambientais encontradas na área. Assim pode-se explicar a grande diferença entre a fauna sésil de vida livre associada às algas encontrada no nordeste paraense e a associada às algas do mar de Sargaço e corrente do Golfo.

As amostras da praia do Atalaia foram coletadas em águas rasas, ou seja, expostas a um ambiente extremamente dinâmico, de condições físicas instáveis. O grande dinamismo da área pode ter ocasionado a perda de partes mais antigas e incrustadas das algas, assim como dos epibiontes propriamente ditos. Esses fatos provavelmente influenciaram os resultados

obtidos, como a densidade e riqueza, que foram mais elevadas em mar aberto do que na praia do Atalaia.

Geralmente ocorre um aumento no número de espécies dos polos em direção ao equador (Rosenzweig 1995; Pianka 1966; Stevens 1989). Uma maior riqueza em baixas latitudes conseqüentemente gera um maior número de espécies a serem recrutadas. Este fator pode explicar a maior riqueza de espécies componentes da fauna sésil de vida livre encontradas no presente estudo (3 espécies para *S. fluitans* e 6 espécies para *S. natans*) quando comparado a estudos conduzidos no mar de Sargação e corrente do Golfo: 2 espécies para *S. natans* no mar de Sargação (Huffard *et al.* 2014), 6 espécies para *Sargassum* spp. também no mar de Sargação (Timmermann 1932), 7 espécies para *Sargassum* spp. novamente no mar de Sargação (Fine 1970) e 1 espécie para *S. fluitans* e *S. natans* na corrente do Golfo (Weis 1968).

Não foi possível comparar os demais índices ecológicos da fauna sésil de vida livre com trabalhos prévios. Pois os mesmos não apresentavam estes índices. As únicas informações referentes a esta categoria de fauna apresentadas foram uma avaliação qualitativa que classificava os organismos como “ausentes”, “raros”, “comuns” ou “dominantes”, através de dados de presença e ausência ou dados de porcentagem de área coberta pelos organismos (Calder 1995; Huffard *et al.* 2014; Weis 1968).

No trabalho de Weis (1968), desenvolvido na corrente do Golfo, *S. natans* apresentou menos espécies componentes da fauna associada do que *S. fluitans*. O presente trabalho obteve um resultado distinto, sendo observado um maior número de espécies associadas a *S. natans* quando comparado a *S. fluitans*. Além da riqueza, todos os demais índices ecológicos foram maiores para a espécie. *S. natans* também apresentou um elevado número de espécies da fauna sésil de vida livre que colonizaram exclusivamente a alga (5), enquanto em *S. fluitans* foi observado apenas um único táxon exclusivo.

Sargassum natans apresentou filóides mais largos e compridos, assim como caulóides e pneumatocistos com maiores diâmetros, que fornecem mais espaço para a fixação de organismos, tal fator pode ter diminuído a competição por espaço nas algas, permitindo que mais indivíduos fossem recrutados, porém isto não explica a maior riqueza de espécies na alga. Butler *et al.* (1983) afirma que diferenças na colonização das espécies de *Sargassum* estão ligadas a diferenças na história de colonização das algas, processos indiretos quantitativos, especificações do epizoário e/ou da forma de *Sargassum*. Estudos

experimentais são necessários para esclarecer os fatores que levam aos padrões de colonização das espécies de *Sargassum* pelágico.

No geral, os organismos da fauna sésil de vida livre apresentaram uma preferência quantitativa pelo filóide, que contou com os maiores valores de densidade, tanto em *S. natans* quanto de *S. fluitans*. Para *S. natans* a maior riqueza de espécies ocorreu também no filóide.

No geral, ambientes com maior hidrodinâmica são mais favoráveis para organismos suspensívoros, devido estes se beneficiarem de materiais transportados pelo fluxo (Sanders 1958; Okamura 1990). Os caulóides e pneumatocistos das algas são substratos mais rígidos em relação aos filóides (Niermann 1986), assim estes favoreceriam os organismos assentados com uma maior estabilidade do substrato. Porém, os filóides são mais flexíveis, derivando mais facilmente com o fluxo de água. Desta forma, os organismos fixados nos filóides entram em contato com maior fluxo de água, do que os organismos fixados nos pneumatocistos e caulóides. Tendo em vista que todos os táxons componentes da fauna sésil de vida livre apresentam hábito alimentar suspensívoro, a fixação nos filóides beneficiaria estes organismos no sentido de aumentar as chances de captura de alimento. Portanto, os filóides são substratos mais vulneráveis, porém, que favorecem os suspensívoros, proporcionando um maior contato das estruturas filtradoras com o alimento em suspensão.

5.4.2. Fauna sésil colonial

Os táxons da fauna sésil colonial, *Obelia dichotoma* e *Membranipora* sp., são encontrados em grande abundância na maioria dos trabalhos desenvolvidos no mar de Sargaço e Corrente do Golfo (Timmermann 1932; Weis 1968; Niermann 1986; Huffard *et al.* 2014; Ryland 1974; Calder 1995). Quanto aos briozoários associados ao *Sargassum* pelágico, Weis (1968) encontrou *Membranipora* e *Aetia* como os únicos representantes do filo em *S. natans* e *S. fluitans* na corrente do Golfo, sendo que *Membranipora* foi o briozoário dominante em ambas as espécies da alga. Ryland (1974), encontrou comumente *Membranipora tuberculata* em amostras do mar de Sargaço. Huffard *et al.* (2014), encontrou espécies do gênero *Membranipora* como os únicos briozoários em *S. natans* para amostras do mar de Sargaço, porém as colônias cobriam apenas pequenas áreas das algas. Niermann (1986), observou *Membranipora tuberculata* como o epibionte mais abundante em *S. natans* no mar de Sargaço. Para as algas encontradas no nordeste paraense *Membranipora* sp. foi o único briozoário encontrado, em ambas as espécies de *Sargassum* pelágico.

Hentschel (1922) observou que sempre havia uma espécie de hidrozoário claramente dominante se várias espécies estivessem presentes. Weis (1968), encontrou o mesmo padrão, sendo *Aglaophenia* o hidrozoário dominante em *S. fluitans* e *Clytia* o único hidrozoário presente em *S. natans*, em amostras da corrente do Golfo. *Clytia noliformis* foi o hidrozoário dominante em *S. natans* no mar de Sargaço (Niermann 1986). Calder (1995) encontrou *Clytia noliformis* e *Obelia dichotoma* como hidrozoários mais frequente em *S. natans*, e *Aglaophenia latecarinata* como principal hidrozoário em *S. fluitans*, também para o mar de Sargaço. No presente trabalho *Obelia dichotoma* foi o único hidrozoário encontrado, tanto em *S. natans* quanto em *S. fluitans*.

Butler *et al.* (1983) classificou *Obelia* e *Membranipora* como organismos que ocorrem associados as algas em conjunto ou em diversas combinações, junto a outros táxons. Esta fauna ocorreria em partes mais antigas da alga em pequenas manchas discretas, se reproduzindo mais frequentemente de forma sexuada quando comparada a fauna dominante, ocorrendo assim em formas diferentes de *Sargassum*. A observação de apenas uma espécie de hidrozoário e uma espécie de briozoário, pode ter ocorrido devido as altas taxas de nutrientes somadas as condições singulares a que as algas provavelmente estavam expostas durante o seu crescimento na NERR, que podem ter beneficiado estes táxons da subfauna, aumentando sua competitividade em relação aos demais hidrozoários e briozoários. Especificamente para as amostras costeiras, a observação exclusiva destes dois táxons pode ter ocorrido devido as algas terem atingido profundidades muito rasas (aproximadamente 1,5 m), sendo assim expostas a toda a turbulência da costa amazônica, o que pode ter ocasionado perda da fauna associada.

A colonização de *Membranipora* sp. em *S. natans* foi muito mais intensa que em *S. fluitans*, o que pode indicar uma preferência do táxon pela alga. Neste sentido, não foi possível estabelecer uma comparação direta com outros trabalhos, já que o único estudo prévio que trata da colonização de *Membranipora* sp. em *S. natans* e *S. fluitans*, apenas classifica os epibiontes como “ausentes”, “raros”, “comuns” e “dominante”, sendo o táxon comum em ambas as espécies de *Sargassum* (Weis 1968).

Em contraste a *Membranipora* sp., *Obelia dichotoma* exerceu uma colonização mais intensa em *S. fluitans* do que em *S. natans*. Mesmo não sendo possível uma comparação direta, os resultados obtidos por Calder (1995), identificaram o táxon como dominante em um maior número de amostras de *S. fluitans* do que de *S. natans*, corroborando indiretamente com

o resultado observado aqui. O contraste na colonização de *Membranipora* sp. e *Obelia dichotoma* pode indicar uma competição entre as espécies por espaço nas algas.

Ryland (1974) observou que *Membranipora tuberculata* não apresentou preferência clara por nenhuma estrutura de *S. natans*. Os resultados de Huffard *et al.* (2014) indicaram uma preferência de *Membranipora* spp. pelos pneumatocistos de *S. natans* para o mar de Sargaço. *Membranipora tuberculata* apresentou preferência pelos pneumatocistos ao invés dos filóides de *S. natans* para amostras do mar de Sargaço, porém a colonização dos caulóides não foi tratada (Niermann 1986). No presente estudo, *Membranipora* sp. apresentou maior intensidade de colonização nos caulóides, tanto em *S. natans* quanto em *S. fluitans*.

Niermann (1986) explica a preferência de *Membranipora tuberculata* pelos pneumatocistos através da diferença entre pneumatocistos e filóides quanto a qualidade do substrato. Os pneumatocistos são substratos mais rígidos que os facilmente deformáveis filóides, assim o assentamento das larvas nos pneumatocistos oferece vantagem a colônia que será formada posteriormente. Esta explicação pode ser estendida para a preferência do táxon pelo caulóide no presente trabalho, já que esta estrutura também apresenta uma maior rigidez quando comparado aos pneumatocistos.

Adicionalmente existe o "efeito tanino" que ocorre nas zonas apicais crescentes das algas, inibindo o estabelecimento de uma microflora de superfície (Sieburth & Conover 1965). Esse fator pode influenciar no assentamento das larvas (Ryland 1974). O caulóide apresenta uma grande área sem a presença do "efeito tanino" podendo favorecer o assentamento das larvas nessa estrutura da alga.

No trabalho de Niermann (1986) *Obelia dichotoma* foi mais frequente nos pneumatocistos, principalmente nos mais antigos, em *S. natans* no mar de Sargaço. Ainda para *S. natans* uma maior frequência de hidrozoários (*Clytia noliformis*, *Obelia dichotoma* e *Plumularia* sp.) no caulóide foi detectada no mar de Sargaço (Huffard *et al.* 2014). Quanto as algas tratadas no presente estudo, *Obelia dichotoma* apresentou uma preferência quantitativa pelo caulóide em *S. fluitans*, e pelo filóide em *S. natans*, sendo a menor intensidade de colonização observada para os pneumatocistos em ambas as algas.

Em contraste aos briozoários, que crescem por incrustação, o espalhamento de hidrozoários é principalmente linear (Niermann 1986), portanto os filóides e caulóides alongados são mais favoráveis ao crescimento de hidrozoários, fornecendo uma área maior

para o espalhamento das colônias, que os pneumatocistos (Hentschel 1922). Este fato pode explicar também a reduzida presença de hidróides nos pneumatocistos.

5.4.3. Estrutura das assembleias associadas

A análise de grupamento hierárquico aglomerativo modo Q, reuniu predominantemente as amostras de mar aberto em um grupo e as costeiras em diferentes grupos, podendo indicar uma composição aleatória da comunidade nestas últimas, o que pode indicar a influência dos diferentes regimes hidrodinâmicos locais sobre a fauna associada ao *Sargassum*. As algas da região costeira estavam expostas a um regime físico muito mais instável que em mar aberto, o que provavelmente levou a uma perda estocástica de espécies, o que pode ter resultado em composições finais aleatórias dentro de cada aglomerado, formadas por organismos que sobreviveram a perda de espécies juntamente com novos colonizadores das algas, visto que cada mancha de *Sargassum* funciona como uma ilha de biodiversidade com uma comunidade discreta (Fine 1970).

Quanto ao agrupamento hierárquico aglomerativo do modo R, o primeiro grupo foi formado pelo táxon *Alepas* sp., que ocorreu apenas em *S. fluitans* em uma única amostra da praia do Atalaia. Os táxons Balanidae, *M. gyuanesis*, Bivalvia (Juvenil) e *Propilidium* sp. foram os componentes do segundo grupo, estes apresentaram as menores frequências de ocorrência e distribuição menos uniforme nas amostras, ocorrendo associados apenas a *S. natans*. O último grupo reuniu os táxons com as maiores e mais uniformes frequências de ocorrência, Ascidiacea, Actiniidae, *Obelia dichotoma*, *Membranipora* sp. e *Spirorbis* sp. como seus componentes.

6. CONCLUSÃO

Os táxons da fauna sésil de vida livre associados as algas do presente estudo, diferiram dos encontrados para o mar de Sargaço e corrente do Golfo, com a única exceção do poliqueta *Spirorbis* sp. Tais diferenças ocorreram provavelmente devido à perda de espécies e posterior recolonização das algas na NERR, além da possível colonização por espécies comuns à plataforma amazônica.

A maior riqueza apresentada pela fauna sésil de vida livre associada as algas encontradas no nordeste paraense quando comparada a trabalhos do mar de Sargaço e corrente do Golfo, ocorreu provavelmente devido ao maior número de espécies disponíveis para serem recrutadas em baixas latitudes.

As condições hidrodinâmicas a que as algas estavam expostas no momento da coleta influenciaram na densidade e riqueza de espécies encontradas para as diferentes localidades de coleta. As algas da área mais estável (mar aberto) apresentaram uma comunidade associada mais rica e com maiores densidades que as algas coletadas na área mais instável (Paria do Atalaia).

A fauna sésil de vida livre associada a *S. natans* apresentou valores mais elevados para todos os índices ecológicos quando comparada a associada a *S. fluitans*. Este resultado provavelmente está relacionada a diferenças na história de colonização das algas, processos indiretos quantitativos, especificações do epizoário e/ou da forma de *Sargassum*, sendo necessários estudos experimentais para melhor compreensão dos padrões de colonização.

No geral, os táxons da fauna sésil de vida livre apresentaram uma preferência pela colonização do filóide das algas. Tendo em vista que todos os organismos componentes desta categoria apresentam hábito alimentar suspensívoro, a colonização do filóide é mais vantajosa no sentido desta estrutura ser mais flexível e derivar mais facilmente com o fluxo de água, proporcionando contato dos indivíduos com mais partículas em suspensão.

Membranipora sp. e *Obelia dichotoma* apresentaram preferências quantitativas de colonização contrastantes quanto as diferentes espécies de *Sargassum* pelágico, sendo que o primeiro exerceu colonização mais intensa sobre *S. natans* e o último apresentou colonização mais intensa em *S. fluitans*. Tal contraste pode indicar uma competição por espaço entre os dois táxons.

A análise de cluster mostrou um agrupamento claro das amostras de mar aberto e uma aleatorização no agrupamento das amostras costeiras. Este resultado pode ser atribuídas ao regime físico instável a que as algas estavam expostas na costa, o que pode ter causado uma perda estocástica de espécies. Isto leva a composições de espécies ao acaso dentro das manchas na costa, constituídas por organismos que sobreviveram a este evento juntamente com novos colonizadores das algas.

Quanto ao cluster do modo R, os táxons que apresentaram as menores frequências de ocorrência formaram um grupamento, sendo *Alepas* sp. separado deste grupo pois o táxon colonizou exclusivamente *S. fluitans*, em contraste com os componentes do grupo que colonizaram exclusivamente *S. natans*. Já os táxons que apresentaram as maiores e mais uniformes frequências formaram outro grupamento.

Os dados referentes ao presente estudo mostram padrões dissimilares para as algas encontradas no nordeste paraense em relação aos trabalhos realizados no oceano Atlântico norte, em função da influência de diferentes condições ambientais sobre as algas e sua fauna associada. Considerando tais influências pode-se inferir que a funcionalidade das manchas de *Sargassum* como vetores de transporte de espécies exóticas para águas equatoriais e, principalmente, para a região amazônica é reduzida devido as características particulares destes ambientes. Assim, adiciona-se novas e importantes informações ao conhecimento científico relacionado a fauna associada ao *Sargassum* pelágico em uma nova área de ocorrência das algas.

REFERÊNCIAS

- Adams J. A. 1960. A Contribution to the Biology and Postlarval Development of the Sargassum Fish, *Histrio histrio* (Linnaeus), with a Discussion of the *Sargassum* Complex. *Bulletin of Marine Science*, **10**(1): 55–82.
- Algas alteram paisagem de orla de São Luís. 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ma/maranhao/jmtv-2edicao/videos/v/algas-alteram-paisagem-de-orla-de-sao-luis/4128762/>>. Acesso em: 19/06/2017.
- Algas marinhas mudam a paisagem da praia do Atalaia, em Salinas. 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/pa/para/noticia/2015/04/algas-marinhas-mudam-paisagem-da-praia-do-atalaia-em-salinas.html>>. Acesso em: 23/06/2016.
- Boening C., Willis J. K., Landerer F. W., Nerem R. S. & Fasullo J. 2012. The 2011 la Niña: So strong, the oceans fell. *Geophysical Research Letters*, **39**(19): 1–5.
- Butler J. N., Morris B. F., Cadwaflader J., Stoner A. 1983. *Studies of Sargassum and the Sargassum community*. Bermuda Biological Station for Research St Georges 22, 297p.
- Calder D. R. 1995. Hydroid assemblages on holopelagic *Sargassum* from the Sargasso Sea at Bermuda. *Bulletin of Marine Science*, **56**(2): 537–546.
- Carpenter E.J. 1972. Nitrogen fixation by a blue-green epiphyte on pelagic *Sargassum*. *Science*, **178**: 1207–1209.
- Carr A. 1987. New Perspectives on the Pelagic Stage of Sea Turtle Development New of Perspectives Sea Turtle on the Pelagic Stage. *Conserv. Biol.*, **1**(2): 103–121.
- Cavalcante Segundo G. H. 2007. *Processos Oceanográficos Na Região Costeira E Estuarina Do Rio Caeté, Pará, Brasil*. Tese (Doutorado), Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 138p.
- Coimbra C. S. 2006. Inferências filogenéticas na ordem Fucales (Phaeophyceae), com ênfase no gênero *Sargassum* C. Agardh do Atlântico Sul. Tese (Doutorado) Universidade de São Paulo, São Paulo, 75p.
- Conover J. & Sieburth J. 1964. Effects of *Sargassum* distribution on its epibiota and antibactereial activity. *Bot. Mar.* **6**:147-157.

Coston-Clements L., Settle L. R., Hoss D. E. & Cross F. A. 1991. Utilization of the *Sargassum* habitat by marine invertebrates and vertebrates - a review. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFC-296, 32 p.

Dawes C.J. & A. C. Mathieson. 2008. *The seaweeds of Florida*. Gainesville: University Press of Florida. 592 p.

Duarte L. B., Queiroz A., Morais L. M. S. M. & Martinelli-Filho J. E. 2015. Estimativa da biomassa de *Sargassum* (Phaeophyceae: Fucales) durante arribações massivas na costa amazônica. *In: XIX Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca, Maranhão*.

El-Robrini M., Alves M.A.M.S., Souza Filho P.W.M., El-Robrini M.H.S., Silva Júnior O.G., França C.F. 2006. Atlas de Erosão e Progradação da Zona Costeira do Estado do Pará - Região Amazônica: Áreas Oceânica e Estuarina. *In: Muehe D. (Org.). Atlas de Erosão e Progradação da Zona Costeira Brasileira*. Brasília, MMA, p.41-86.

Fine M. L. (1970). Faunal variation on pelagic *Sargassum*. *Marine Biology*, **7**: 112-122.

Fisch G., Marengo J. A., & Nobre C. A. 1998. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. *Acta Amazonica*, **28**(2): 101–101.

Franks J. S., Johnson D. R. & Ko D. S. 2016a. Mass Strandings of Pelagic *Sargassum* Along Caribbean and West Africa Coastlines: Understanding and Prediction. *Proceedings of the 68th Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, Panama, v. 28, p. 402–408.

Franks J. S., Johnson D. R. & Ko D. S. 2016b. Pelagic *Sargassum* in the Tropical North Atlantic. *Gulf and Caribbean Research*, **27**(1): SC6-SC11.

Franks J.; Johnson D.; Ko D.S. 2014. Retention and growth of pelagic *Sargassum* in the North Equatorial Convergence Region of the Atlantic Ocean: hypothesis for examining recent mass strandings of *Sargassum* along Caribbean and West Africa coastlines. *Proceedings of 67th Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, Barbados. Anais. p. 11.

Gavio B., Rincón-Díaz M.N. & Santos-Martínez A. 2015. Massive quantities of pelagic *Sargassum* on the shores of San Andrés Island, southwestern Caribbean. *Acta Biologica Colombiana*, **20**(1): 239-241.

- Geyer W. R., Beardsley R. C., Lentz S. J., Candela J., Limeburner R., Johns W. E., Castro B. M., Soares I. D. 1996. Physical oceanography of the Amazon shelf. *Continental Shelf Research*, **16**(5–6): 575–616.
- Gower J. F. R. & King S. A. 2011. Distribution of floating *Sargassum* in the Gulf of Mexico and the Atlantic Ocean mapped using MERIS. *International Journal of Remote Sensing*, **32**(7): 1917–1929.
- Gower J., Young E. & King S. 2013. Satellite images suggest a new *Sargassum* source region in 2011. *Remote Sensing Letters*, **4**(8): 764–773.
- Guiry M.D. & Guiry G.M. 2017a. *Sargassum C.Agardh, 1820, nom. et typ. cons.* AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Disponível em: <<http://www.algaebase.org>>. Acesso em: 08 Mar. 2017.
- Guiry M.D. & Guiry G.M. 2017b. *Sargassum natans (Linnaeus) Gaillon.* AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Disponível em: <<http://www.algaebase.org>>; Acesso em: 22 Jun. 2017.
- Guiry M.D. & Guiry G.M. 2017c. *Sargassum fluitans (Børgesen) Børgesen.* AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Disponível em: <<http://www.algaebase.org>>; Acesso em: 22 Jun. 2017.
- Hentschel E. 1922. Über den Bewuchs auf den treibenden Tang der Sargassosee. *Jahrb. Hamburg Wiss. Anst.*, **38**:: 1-26.
- Huffard C. L., Von Thun S., Sherman A. D., Sealey K. & Smith K. L. 2014. Pelagic *Sargassum* community change over a 40-year period: temporal and spatial variability. *Marine Biology*, **161**(12), 2735–2751
- Jaccard P. 1901. Étude comparative de la distribution florale dans une portion des Alpes et des Jura. *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles*, Lancaster, v.37, p.547-579.
- Lapointe B.E. 1995. A comparison of nutrient-limited productivity in *Sargassum natans* from neritic vs. oceanic waters of the western North Atlantic Ocean. *Limnol. Oceanogr.*, **40** (3): 625-633.

- Littler D.S., M.M. Littler. 2000. *Caribbean reef plants*. Washington: OffShore Graphics. 542 p.
- Magurran A.E. 2004. *Measuring biological diversity*. Oxford, Blackwell Science, 256p.
- Manzella S.; Williams J.; Schroeder B.; Teas W. 1991. Juvenile head-started Kemp's ridleys found in floating grass mats. *Marine Turtle Newsletter*, **52**:5:5-6.
- Marinho A.C. 2015. Fenômeno raro é registrado em Fernando de Noronha. A ilha é invadida por algas errantes. Disponível em: < <http://g1.globo.com/pernambuco/blog/viver-noronha/post/fenomeno-raro-e-registrado-em-fernando-de-noronha-ilha-e-invadida-por-algas-errantes.html>>. Acesso em: 23/06/2016.
- Martens G. V. Conspectus algarum Brasiliae hactenus detectarum. *Vidensk. Meddr. dansk. Naturh. Foren.* **3** (1): 297- 314.
- Martinelli Filho J.E. 2015. First record of golden seaweed tides at the Brazilian amazon coast. In: V Congresso Brasileiro de Biologia Marinha, Pernambuco.
- Niermann U. 1986. Distribution of *Sargassum natans* and some of its epibionts in the Sargasso Sea. *Helgoländer Meeresuntersuchungen*, **40**(4), 343–353.
- Nittrouer C. A. & DeMaster D. J. 1996. The Amazon shelf setting: tropical, energetic, and influenced by a large river. *Continental Shelf Research*, **16**(5–6), 553–573.
- Okamura B. 1990. Behavioural Plasticity in the Suspension Feeding of Benthic Animals. In: Hughes R. N. (ed.) *Behavioural Mechanisms of Food Selection*. Berlin, Springer, p. 637-660
- Oliveira Filho E. C., Ugadim Y. & Paula E. J. de. 1979. Comunidades Associadas a Plantas de *Sargassum* Flutuantes em Águas da Corrente do Brasil - Considerações Biogeográficas. *Boletim de Botânica*, **7**:5-9.
- Parr A. E. 1939. Quantitative observations on the pelagic *Sargassum* vegetation of the western north Atlantic. *Bulletin of the Bingham oceanographic Collection*, New Haven, **6**:1-94
- Pereira L. C. C., Dias J. A., Carmo J. A. do & Polette M. 2009. A Zona Costeira Amazônica Brasileira. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, **9**(2), 3–7.

Pianka E. 1966. Latitudinal Gradients in Species Diversity: A Review of Concepts. *The American Naturalist*, **100**(910): 33–46.

Praia do Atalaia, em Salinas, amanhece tomada por algas. 2014. Disponível em: <<http://www.ormnews.com.br/noticia/praiadoatalaia-em-salinas-amanhece-tomada-por-algas>>. Acesso em: 23/06/2016.

Praias de Marudá amanhecem cobertas por algas no Pará. 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/pa/para/noticia/2015/05/praiade-maruda-amanhece-coberta-por-algas-no-nordeste-do-para.html>>. Acesso em: 19/06/2016.

Prestes Y. 2016. *Interações físicas entre o estuário do rio Pará e a Plataforma Continental no norte do Brasil*. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 122p.

Rodil I. F., Olabarria C., Lastra M., López J. 2008. Differential effects of native and invasive algal wrack on macrofaunal assemblages inhabiting exposed sandy beaches. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **358**(1): 1-13.

Rosenzweig M.L. 1995. *Species Diversity in Space and Time*. Cambridge. Reino Unido, Cambridge University Press, 460p.

Ryland J. S. 1974. Observations on some epibionts of gulf-weed, *Sargassum natans* (L.) Meyen. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **14**:17-25.

Sanders H. L. 1958. Benthic studies in Buzzards Bay. I. Animal-sediment relationships. *Limnology and Oceanography*, **3**: 245–258.

Schell J. M., Goodwin D. S. & Siuda A. N. S. 2015. Recent *Sargassum* inundation events in the Caribbean: Shipboard observations reveal dominance of a previously rare form. *Oceanography*, **28**(3): 8–10.

Schneider F.I. & Mann K.H. 1991. Rapid recovery of fauna following simulated ice-rafting in a Nova Scotia seagrass bed. *Marine Ecology Progress Series*, **78**: 57–70.

Sieburth J. M. & Conover J. T. 1965. *Sargassum* Tannin, an Antibiotic which Retards Fouling. *Nature*, **208**(5005): 52–53.

Sissini M. N. *et al.* 2017. The floating *Sargassum* (Phaeophyceae) of the South Atlantic Ocean: likely scenarios. *Phycologia*, **56**(3), 321–328.

- Smetacek V. & Zingone A. 2013. Green and golden seaweed tides on the rise. *Nature*, **504**(7478), 84–88.
- Solarin B. B., Bolaji D. A., Fakayode O. S. & Akinnigbagbe R. O. 2014. Impacts of an invasive seaweed *Sargassum hystrix* var. *fluitans* (Børgesen 1914) on the fisheries and other economic implications for the Nigerian coastal waters. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS)*, **7**(7), 1–6.
- Souza Filho P. W. M. 2005. Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos. *Revista Brasileira de Geofísica*, **23**(4): 427–435.
- Stevens G. C. 1989. The Latitudinal Gradient in Geographical Range: How so Many Species Coexist in the Tropics. *The American Naturalist*, **133**(2): 240.
- Stoner A. & Greening H. 1984. Geographic variation in the macrofaunal associates of pelagic *Sargassum* and some biogeographic implications. *Marine Ecology Progress Series*, **20**:185–192.
- Széchy M. T. M. de, Guedes P. M., Baeta-Neves M. H. & Oliveira E. N. 2012. Verification of *Sargassum natans* (Linnaeus) Gaillon (Heterokontophyta: Phaeophyceae) from the Sargasso Sea off the coast of Brazil, western Atlantic Ocean. *Check List*, **8**(4): 638-641.
- Taylor W. R., 1960. *Marine algae of the eastern tropical and subtropical coasts of the Americas*. University of Michigan Press, Ann Arbor, 870 pp.
- Taylor W.R. 1931. A synopsis of the marine algae of Brazil. *Revue Algologique*, **5**: 279-313.
- Thiel M. & Gutow L. 2005. The Ecology of Rafting in the Marine Environment . I . the Floating Substrata. *Oceanography and Marine Biology:An Annual Review*. **42**: 181-264.
- Timmermann G. 1932. Biogeographische Untersuchungen über die Lebensgemeinschaft des treibenden Golfkrautes. *Zeitschrift der Morphologie und Ökologie der Tiere*, **25**: 288–335.
- Vandendriessche S., De Keersmaecker G., Vincx M., Degraer S. 2006. Food and habitat choice in floating seaweed clumps: The obligate opportunistic nature of the associated macrofauna. *Marine Biology*, **149**(6): 1499–1507.

Webster R. K. & Linton T. 2013. Development and implementation of Sargassum Sargassum Early Advisory System (SEAS), *Beach & Shore*, **81**(3): 1–6.

Weis J. S. 1968. Fauna Associated with Pelagic *Sargassum* in the Gulf Stream. *American Midland Naturalist*, **80**(2), 554-558.

Williams B. A., Feagin R., Stafford A. W. 2008. Environmental impacts of beach raking of *Sargassum* spp . on Galveston Island , TX. *Shore and Beach*, **76**, 63–69.

Wrinn C., Schell J., Goodwin D., Siuda A. 2016. Taxonomic Guide to Pelagic *Sargassum* in the Caribbean Sea & North Atlantic Ocean. *Proceedings of 67th Gulf and Caribbean Fisheries Institute conference*, George Town, v. 1. p. 217-217.

Zettler L.A.; Dragone N.; Zettler E.; Széchy M.T.M.; Barros-Barreto M.B.B. DE; Martinelli-Filho J.E.; Oliveira M.C. 2016. Population Genomics of the *Sargassum* Biome. *Proceedings 69th Gulf and Caribbean Fisheries Institute Conference*. v. 1. p. 6-6.

ANEXOS

**ANEXO A - TÁXONS DA FAUNA MÓVEL ASSOCIADA AO SARGASSUM
PÉLAGICO NA COSTA PARAENSE.**

Filo	Classe	Ordem	Subordem	Família	Espécie
Arthropoda	Malacostraca	Tanaidacea	Tanaidomorpha	Anarthruridae	-
Arthropoda	Malacostraca	Isopoda	Asellota	Janiridae	<i>Janira</i> sp.
Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Pleocyemata	Hippolytidae	<i>Latreutes fucorum</i>
Mollusca	Gastropoda	Caenogastropoda	-	Litiopidae	<i>Alaba</i> sp.
Arthropoda	Ostracoda	-	-	-	-
Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Nereidiformia	Syllidae	<i>Syllis</i> sp.
Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Nereidiformia	Syllidae	<i>Syllides</i> sp.
Platyhelminthes	Rhabditophora	Polycladida	-	-	-