

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS - CTG  
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA - DOCEAN  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA - PPGO**

**MARIA ELISA PITANGA DE MACÊDO SILVA**

*Halodule wrightii* **ASCHERSON (1868)** NO LITORAL DO ESTADO DE  
**PERNAMBUCO, BRASIL: FÓSFORO SEDIMENTAR E A ABUNDÂNCIA  
DAS ANGIOSPERMAS MARINHAS**

**RECIFE  
2011**

**MARIA ELISA PITANGA DE MACÊDO SILVA**

***Halodule wrightii* ASCHERSON (1868) NO LITORAL DO ESTADO DE  
PERNAMBUCO, BRASIL: FÓSFORO SEDIMENTAR E A ABUNDÂNCIA  
DAS ANGIOSPERMAS MARINHAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Oceanografia, na Área de Concentração de Oceanografia Química.

Orientador: Dr. Manuel de Jesús Flores Montes

Co-Orientadora: Dra. Karine Matos Magalhães

**RECIFE  
2011**

Catálogo na fonte  
Bibliotecária Raquel Cortizo, CRB-4 664

S586h

Silva, Maria Elisa Pitanga de Macedo.

*Halodule wrightii* Ascherson (1868) no litoral do estado de Pernambuco, Brasil: fósforo sedimentar e a abundância das angiospermas marinhas / Maria Elisa Pitanga de Macedo Silva. - Recife: O Autor, 2011.

93 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dr: Manuel de Jesus Flores Montes  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, 2011.

Inclui Referências Bibliográficas e Anexos.

1. Oceanografia. 2. Angiosperma marinha 3. Variação morfológica 4. Granulometria. 5. Sedimento praias. 6. Fósforo sedimentar. I. Montes, Manuel de Jesus Flores (orientador). II. Título.

551.46 CDD (22. ed.)

UFPE  
BCTG/2011-088

MARIA ELISA PITANGA DE MACÊDO SILVA

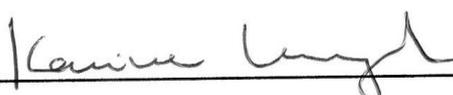
*Halodule wrightii* ASCHERSON (1868) NO LITORAL DO ESTADO DE PERNAMBUCO,  
BRASIL: FÓSFORO SEDIMENTAR E A ABUNDÂNCIA DAS ANGIOSPERMAS MARINHAS

DISSERTAÇÃO DEFENDIDA E APROVADA EM: 28 DE FEVEREIRO DE 2011.

Orientadores:

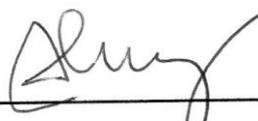


Prof. Dr. Manuel de Jesús Flores Montes  
Departamento de Oceanografia da UFPE

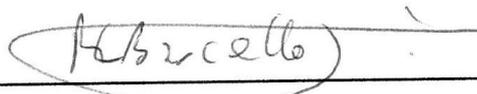


Prof. Dra. Karine Matos Magalhães  
Departamento de Biologia da UFRPE

Examinadores:



Prof. Dr. Alfredo Matos Moura Júnior  
Colégio de Aplicação da UFPE



Prof. Dr. Roberto Lima Barcellos  
Departamento de Oceanografia da UFPE

SUPLENTES:

---

Prof. Dra. Núbia Chaves Guerra  
Departamento de Oceanografia da UFPE

---

Prof. Dr. Arsênio José Areces Mallea  
Instituto de Oceanologia de Cuba (IDO)

RECIFE  
2011

## **Agradecimentos**

Ao Senhor Deus, Todo-Poderoso, Criador do homem, que nos dotou de inteligência para descobrirmos os mistérios da natureza das mais variadas formas. A Ele glorifico pela conclusão deste mestrado e de todas as conquistas e conhecimentos adquiridos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), na pessoa do Coordenador Prof. Dr. Manuel de Jesús Flores Montes e do Vice-Coordenador Prof. Dr. Fernando Antônio do Nascimento Feitosa, pelo apoio e incentivo recebido durante o período do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da Bolsa de Mestrado.

Ao Laboratório de Oceanografia Química (LOQuim), do Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), na pessoa da Prof. Dra. Kátia Muniz, pela permissão na utilização de seu laboratório e equipamentos para as análises físico-químicas e geoquímicas.

Ao Laboratório de Ecossistemas Aquáticos (LEAqua), do Departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFPE), na pessoa da Prof. Dra. Karine Matos Magalhães, pela permissão na utilização de seu laboratório e por disponibilizar alguns dos seus alunos para o processamento das amostras da planta.

Ao Laboratório de Carcinologia (LABCarci), do Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), na pessoa do Prof. Dr. Petrônio Alves Coelho, pela utilização de sua instalação e equipamentos.

Ao Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha (LGGM), do Departamento de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), na pessoa do Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso, pela utilização de sua instalação e equipamentos, e por disponibilizar alguns dos seus alunos nas análises granulométricas.

À Professora Dra. Núbia Chaves Guerra e ao Prof. Roberto Lima Barcellos, do Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), pelas contribuições na área de sedimentologia e geoquímica marinha.

Ao Professor Dr. Alfredo Matos Moura Júnior, da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), pelas contribuições realizadas na elaboração desta dissertação, pelo bom humor, e pela amizade desde 2005.

Aos Professores Dr. Arsênio José Areces Mallea, do Instituto de Oceanologia de Cuba (IDO), e Dra. Evamaria Wysk Koch, do Laboratório Horn Point da Universidade de Maryland, EUA, pelas contribuições ao projeto do mestrado.

Ao Professor Dr. José Souto Rosa Filho, da Universidade Federal do Pará (UFPA), e ao Professor Dr. Paulo Santos, da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), pelos ensinamentos e contribuições estatísticas nas análises dos dados.

Ao Professor Dr. Manuel de Jesús Flores Montes, pela orientação, ensinamentos, confiança, pelas oportunidades, conselhos, pelo tempo dispensado, pelos momentos de descontração, e acima de tudo, pela amizade iniciada em 2007.

À Professora Dra. Karine Matos Magalhães, pela co-orientação, por acreditar no meu trabalho e potencial, pelos conselhos profissionais e pessoais, pelas oportunidades, pelos ensinamentos, por me incentivar a nunca desistir dos meus sonhos e pela amizade desde 2005.

Ao Professor Dr. Sílvio José Macêdo, pela sua disponibilidade em proporcionar seus conhecimentos acadêmicos para enriquecer as pesquisas e a prática científica, como também pela amizade dispensada.

À Iara Correia e Lins, Técnica do LOQUIM, pela generosidade e paciência com que ensinou os conhecimentos químicos que foram indispensáveis à pesquisa científica aqui registrada.

Aos meus amigos, que ajudaram no campo e/ou no laboratório, Antônio Castro, Bárbara Barkokébas, Cássio Rafael, David Freire, Fabiana Aguiar, Felipe Gaspar, Gilson

Alves, Josiane Gomes, Keyla Travassos, Laura Laranjeira, Thayse Batista, Thiago Nogueira e William Fernandes, meus sinceros agradecimentos pela valiosa ajuda no campo e nas análises físico-químicas, geoquímicas e biológicas em laboratório. Sem eles, este tão almejado mestrado, não teria se concretizado. Mas, agradeço, acima de tudo, pela amizade dispensada, pelos inúmeros momentos de descontração e conselhos. Essa turminha aí em cima, faz parte de pessoinhas especiais em minha vida. Agradeço a Deus por tê-los colocado no meu caminho.

Aos meus, também, amigos Catarina Araújo, Débora Lucatelli, Fernanda Possato, Janaíse Rocha, Maíra Gonçalves, Marina Araújo, Natália Oliveira, Nathália Guimarães, pelos inúmeros momentos de alegria.

Aos meus colegas de turma do mestrado, Andre Lima, Andrea Silva, Andressa Queiroz, Deloar Oliveira, Filipe Santana, Gilberto Silva Filho, Gislayne Borges, Henrique Maranhão, Jonas Ramos, Jonata Francisco, Luanda Soares, Luciana Ferreira, Mariana Tolotti, Marina Jales, Pedro Pereira e Sibeles Mendonça pelo carinho e momentos de descontração proporcionados ao longo do curso.

À Deloar Oliveira, Fernanda Possato e Jaqueline Cavalcanti, pela ajuda no Programa Estatística.

Ao doutorando Leandro Cabanez, pela ajuda na edição dos mapas utilizados na dissertação.

À Dra. Adilma Montenegro, do Laboratório de Bentos (Bentos I) do Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), que me incentivou a buscar pelos meus objetivos.

À Myrna Lins, Secretária do Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, pela disponibilidade, acessibilidade, paciência e empenho em resolver nossas questões acadêmicas. E, acima de tudo, pelo carinho dispensado a nós todos.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Oceanografia da UFPE, pelos ensinamentos, conselhos e convívio durante todo o período do mestrado.

A todos os funcionários do Departamento de Oceanografia (DOCEAN) da UFPE, em especial a Seu Mano, Dona Edileuza, Beto, Edinaldo e Seu Hermes, pelo carinho e atenção dispensados, que fazem do DOCEAN um ambiente de estudo e de trabalho mais agradável e acolhedor.

Aos meus familiares, pela presença constante nos momentos mais importantes da minha vida.

A meus pais, pela dedicação, amor e disciplina dispensados a mim que formaram a base sólida da minha educação.

## Resumo

As angiospermas marinhas ocorrem em uma variedade de ambientes costeiros, ficando suscetíveis a inúmeros fatores ambientais, os quais podem afetar o seu crescimento, bem como a sua abundância. Dentre os fatores que influenciam no desenvolvimento dessas plantas destaca-se o sedimento, pelo fato das angiospermas marinhas possuírem um sistema radicular, existindo, assim, uma relação com as características do sedimento e a disponibilidade dos nutrientes para a planta. No presente estudo foi analisada a relação entre a composição do sedimento e as diferentes concentrações das frações do fósforo sedimentar superficial (apatítico - PA, biodisponível - PINA e orgânico - PO) com a abundância dos prados da angiosperma marinha *Halodule wrightii* Ascherson localizados nas praias de Catuama (CB) e de Suape (SB), Pernambuco/Brasil. Amostras de plantas, água e sedimento superficial foram coletadas na área dos prados de *H. wrightii* ao longo de três transectos, durante um ciclo sazonal entre os meses de maio/2009 a fevereiro/2010. Os resultados demonstraram que as duas populações de *H. wrightii* estudadas apresentaram diferenças estruturais dentro e entre os prados em relação aos parâmetros analisados. A população de *H. wrightii* em Catuama apresentou um padrão estrutural com menor densidade de hastes, maior biomassa aérea, menor biomassa subterrânea, maior biomassa total e folhas mais longas. Já a população de Suape foi caracterizada por uma maior densidade de hastes, menor biomassa aérea, maior biomassa subterrânea, menor biomassa total e folhas mais curtas, sugerindo que essas variações morfológicas da planta estejam refletindo diferenças específicas nas condições ambientais para cada área. A densidade de hastes em CB variou entre 630 hastes.m<sup>-2</sup> a 6971 hastes.m<sup>-2</sup>, e em SB variou entre 3066 hastes.m<sup>-2</sup> a 8091 hastes.m<sup>-2</sup>; a biomassa aérea em CB variou entre 19,24 g.ps.m<sup>-2</sup> a 179,51 g.ps.m<sup>-2</sup>, e em SB variou entre 24,76 g.ps.m<sup>-2</sup> a 91,60 g.ps.m<sup>-2</sup>; a biomassa subterrânea em CB variou entre 46,43 g.ps.m<sup>-2</sup> a 414,44 g.ps.m<sup>-2</sup>, e em SB variou entre 114,44 g.ps.m<sup>-2</sup> a 339,13 g.ps.m<sup>-2</sup>; o comprimento foliar em CB variou entre 11,81 cm a 33,41 cm, e em SB variou entre 9,95 cm a 17,79 cm. A composição do sedimento em CB foi caracterizada por diferenças significativas nas frações de *cascalho* (5,58±0,63%) e *silte+argila* (9,57±0,72%), %MO (2,16±0,16%) e %CaCO<sub>3</sub> (20,34±1,58%) em relação ao sedimento de SB. Essas diferenças na composição do sedimento resultaram em variações na disponibilidade do fósforo sedimentar entre as áreas estudadas. A concentração do PA em CB variou entre 4,65 µg.g<sup>-1</sup> a 205,96 µg.g<sup>-1</sup>, e em SB variou entre 0,07 µg.g<sup>-1</sup> a 104,78 µg.g<sup>-1</sup>; o PINA em CB variou entre 2,22 µg.g<sup>-1</sup> a 123,74 µg.g<sup>-1</sup>, e em SB variou entre 3,98 µg.g<sup>-1</sup> a 49,57 µg.g<sup>-1</sup>; e o PO em CB variou entre 2,19 µg.g<sup>-1</sup> a 49,71 µg.g<sup>-1</sup>, e em SB variou entre 0,28 µg.g<sup>-1</sup> a 38,15 µg.g<sup>-1</sup>. Constatou-se, no presente estudo, que a granulometria do sedimento foi o principal fator que influenciou na disponibilidade do fósforo sedimentar para *H. wrightii*, e que as diferenças na composição dos sedimentos entre as áreas estudadas, influenciaram nas características morfológicas da planta. Os dados aqui apresentados contribuem com os inúmeros estudos sobre a biologia e ecologia de angiospermas marinhas que têm sido realizados ao longo do litoral brasileiro, possibilitando uma melhor compreensão dos fatores que influenciam esta espécie em nosso litoral.

**Palavras-Chave:** angiosperma marinha, variação morfológica, granulometria, sedimento praiar, fósforo sedimentar

## Abstract

The seagrasses occur in a variety of coastal environments, being susceptible to numerous environmental factors which can affect their growth, as well as their abundance. Among the factors that influence the development of these plants stands out the sediment, once seagrasses have a root system, there is a relation with the characteristics of the sediment and the availability of nutrients to the plant. In this study, it was analyzed the relation between the composition of the sediment and the different concentrations of fractions of surface sedimentary phosphorus (apatitic - PA, bioavailable - PINA and organic - PO) with the abundance of the seagrass meadows of *Halodule wrightii* Ascherson, located at Catuama (CB) and Suape (SB) beaches, State of Pernambuco, Brazil. Samples of plants, water and surface sediment were collected in the area of *H. wrightii* meadows along three transects, during a seasonal cycle from May 2009 to February 2010. The results showed that the two studied populations of *H. wrightii* showed structural differences within and between meadows in relation to the analyzed parameters. The population of *H. wrightii* at CB presented a structural pattern with lower shoot density, higher aboveground, lower belowground and higher total biomass and longer leaves. In turn, the population at SB was characterized by higher shoot density, lower aboveground, higher belowground and lower total biomass and shorter leaves, suggesting that these morphological variations of the plant are reflecting differences in specific environmental conditions of each area. The shoot density in CB ranged from 630 shoots.m<sup>-2</sup> to 6971 shoots.m<sup>-2</sup>, and in SB ranged from 3066 shoots.m<sup>-2</sup> to 8091 shoots.m<sup>-2</sup>; aboveground biomass in CB ranged from 19,24 g.dw.m<sup>-2</sup> to 179,51 g.dw.m<sup>-2</sup>, and SB ranged from 24,76 g.dw.m<sup>-2</sup> to 91,60 g.dw.m<sup>-2</sup>; belowground biomass in CB ranged from 46,43 g.dw.m<sup>-2</sup> to 414,44 g.dw.m<sup>-2</sup>, and SB ranged from 114,44 g.dw.m<sup>-2</sup> to 339,13 g.dw.m<sup>-2</sup>; and the leaf length in CB ranged from 11,81cm to 33,41cm, and SB ranged from 9,95cm to 17,79cm. The composition of the sediment at CB was characterized by significant differences in fractions of gravel (5,58 ± 0,63%) and silt + clay (9,57 ± 0,72%), and %MO (2,16 ± 0,16%) and %CaCO<sub>3</sub> (20,34% ± 1,58) compared to sediment SB. These differences in the composition of the sediment resulted in variations on the availability of sedimentary phosphorus between the studied areas. The concentration of PA in CB ranged from 4,65 µg.g<sup>-1</sup> to 205,96 µg.g<sup>-1</sup>, and in SB ranged from 0,07 µg.g<sup>-1</sup> to 104,78 µg.g<sup>-1</sup>; PINA in CB ranged from 2,22 µg.g<sup>-1</sup> to 123,74 µg.g<sup>-1</sup>, and SB ranged from 3,98 µg.g<sup>-1</sup> to 49,57 µg.g<sup>-1</sup>; and the PO in CB ranged from 2,19 µg.g<sup>-1</sup> to 49,71 µg.g<sup>-1</sup>, and SB ranged from 0,28 µg.g<sup>-1</sup> to 38,15 µg.g<sup>-1</sup>. It was observed, in this study, that the sediment grain size was the main factor that influenced the availability of sedimentary phosphorus to *H. wrightii*, and differences in sediment composition between the studied areas influenced on morphology of the plant. The data here presented contribute to the innumerable studies on the biology and ecology of marine angiosperms that have been conducted along the Brazilian coast, enabling a better understanding of the factors that affect this species on our coast.

**Keywords:** seagrass, morphological variation, grain size, sediment praial, sedimentary phosphorus

## Sumário

<b>1 Introdução</b> .....	10
<b>1.1</b> Objetivo Geral .....	12
<b>1.2</b> Objetivos Específicos .....	12
<b>2 Revisão Bibliográfica</b> .....	13
<b>2.1</b> Densidade, Biomassa e Comprimento Foliar de <i>H. wrightii</i> .....	13
<b>2.2</b> Geoquímica do Sedimento e Angiospermas Marinhas .....	19
<b>3 Referências</b> .....	23
<b>4 Trabalhos Científicos</b> .....	29
<b>Trabalho 1</b> – Variação sazonal na estrutura de populações da espécie tropical <i>Halodule wrightii</i> Ascherson .....	30
<b>Trabalho 2</b> – Relação entre a qualidade do sedimento e a angiosperma marinha <i>Halodule wrightii</i> Ascherson (capim agulha) em uma região tropical do Brasil .....	51
<b>5 Conclusões</b> .....	73
<b>ANEXOS</b>	

## 1 Introdução

As angiospermas marinhas apresentam-se mundialmente representadas por 60 espécies, agrupadas em 13 gêneros (SHORT; COLES; PERGENT-MANTINI, 2001), encontrados em águas costeiras de todo mundo, com exceção de latitudes polares (SHORT, 1987, DAWES, 1998). Estas plantas ocorrem na natureza sob a forma de extensos prados, geralmente monoespecíficos, formando densas comunidades (PHILLIPS, 1992) ou coexistindo com outras espécies (KIRKMAN, 1990, HEMMINGA; DUARTE, 2000). Desenvolvem-se, geralmente, em substratos constituídos de lama e areia (TERADOS *et al.*, 1999), e são comuns em águas rasas, locais abrigados, estuários pouco poluídos e lagoas formadas por recifes de corais (KEMPF, 1970).

Essas plantas formam ecossistemas de extrema importância para os ambientes costeiros de todo mundo (PHILLIPS, 1992), por abrigarem uma abundante e diversificada fauna (espécies da infauna, epifauna e epibênticos) com diferentes características ecológicas (ALVES, 2000), proporcionando substrato para uma complexa estrutura da cadeia alimentar (HEMMINGA; DUARTE, 2000). Fornecem habitat e base nutricional para peixes, crustáceos, moluscos, aves aquáticas e mamíferos herbívoros (por ex. peixe-boi marinho) (PHILLIPS; MEÑEZ, 1988), áreas de berçários para estágios juvenis de espécies comercialmente importantes (HECK; HAYS; ORTH, 2003).

Os ecossistemas formados por essas plantas são considerados como um dos mais valiosos em termos de serviços ecológicos prestados ao ambiente, em relação aos demais ecossistemas terrestres e aquáticos em todo o mundo (CONSTANZA *et al.*, 1997). Apesar de serem consideradas como “engenheiras de ecossistemas”, por terem a capacidade de modificar as condições hidrológicas, físicas e geológicas dos ambientes onde ocorrem (JONES; LAWTON; SHACHAK, 1997), nas últimas décadas, está sendo registrada uma aceleração na taxa de declínio desses ecossistemas (WAYCOTT *et al.*, 2009). Considerando a energia que essas plantas fornecem a outros ecossistemas (por ex. recifes de coral), a sua contínua perda acarretará em uma diminuição da sua produtividade secundária (HECK *et al.*, 2008), fazendo-se necessário a realização de estudos que caracterizem os fatores que influenciam no desenvolvimento das angiospermas marinhas (por ex. característica do sedimento), resultando em uma ferramenta útil para o manejo e para prevenção de seu declínio (KOCH; BEER, 1996; UNEP, 2007).

O crescimento, a densidade, a morfologia (SHORT, 1987; SHORT; DENNISON; CAPONE, 1990; UDY; DENNISON, 1997; CABAÇO; MACHÁS; SANTOS, 2007) e a produtividade primária (ERFTEMEYER; MIDDELBURG, 1993) dos prados das angiospermas marinhas, são influenciados pela disponibilidade de nutrientes (SHORT, 1987), como o nitrogênio e o fósforo, os principais elementos nutrientes considerados essenciais para o crescimento da planta (ERFTEMEYER; MIDDELBURG, 1993; UDY; DENNISON, 1997).

Pelo fato destas plantas possuírem um sistema radicular, através do qual são capazes de absorver nutrientes tanto pelas folhas como pelo sistema de raízes (GRANGER; LIZUMI, 2001; HEMMINGA; HARRISON; van LENT, 1991; PÉREZ-LLORÉNS; NIELL, 1995), o sedimento destaca-se como um dos fatores que influenciam no desenvolvimento das angiospermas marinhas (KOCH, 2001). Diferentemente da maioria das outras plantas marinhas, que obtém, nutrientes dissolvidos, principalmente, da coluna d'água através das folhas (MILLER; SLUKA, 1999).

Além de influenciar o desenvolvimento das plantas, as características dos sedimentos (por ex. quantidade de areia ou lama) afetam a sua geoquímica e a dinâmica microbiana dos nutrientes (CAPONE, 1982; SHORT, 1987; MURRAY; DENNISON; KEMP, 1992; PERRY; DENNISON, 1999). Alguns estudos indicam que as angiospermas marinhas são limitadas pelo nitrogênio, quando crescem em sedimentos arenosos ou orgânicos, e pelo fósforo, quando ocorrem em sedimentos carbonáticos (SHORT, 1987; SHORT; DENNISON; CAPONE, 1990; KENWORTHY; FONSECA, 1992). Contudo, em determinadas condições, essas plantas podem ser co-limitadas por esses dois nutrientes (UDY; DENNISON, 1997).

Inúmeros estudos têm sido realizados em várias regiões do mundo enfocando a resposta das angiospermas marinhas com relação às características do sedimento (ERFTEMEYER; MIDDELBURG, 1993; ERFTEMEYER; HERMAN, 1994; VAN MOOY; KEIL, 2002; GRAS; KOCH; MADDEN, 2003; MELLORS; WAYCOTT; MARSH; 2005, KILMINSTER *et al*, 2006; PÉREZ *et al*, 2007; WICKS *et al*, 2009). No litoral do Brasil, apesar de estar havendo um aumento no número de estudos relacionados à biologia e ecologia dessas plantas (MAGALHÃES *et al*, 2003; SHORT *et al*, 2006; ver revisão por MARQUES; CREED, 2008), não há até o momento um estudo da geoquímica do sedimento em prados de angiospermas marinhas que correlacione a concentração dos principais nutrientes limitantes, bem como a qualidade do sedimento, em relação ao desenvolvimento desses prados.

## 1.1 Objetivo Geral

Analisar a relação entre a qualidade da água e sedimento, incluindo as diferentes concentrações das frações do fósforo sedimentar superficial (apatítico, biodisponível e orgânico), com a abundância dos prados da angiosperma marinha *Halodule wrightii* Ascherson nas praias de Catuama e de Suape, Pernambuco, Brasil.

## 1.2 Objetivos Específicos

- Determinar os parâmetros bióticos relacionados aos prados de *H. wrightii*: densidade de hastes, biomassa e comprimento foliar;
- Determinar os parâmetros físicos e químicos da água na área de ocorrência dos prados de *H. wrightii*: temperatura da água, salinidade, oxigênio dissolvido, material particulado em suspensão, nutrientes inorgânicos dissolvidos;
- Determinar as diferentes frações do fósforo particulado encontrado no sedimento superficial na área dos prados de *H. wrightii*;
- Determinar a granulometria, o teor de matéria orgânica e de carbonato de cálcio do sedimento na área de ocorrência dos prados de *H. wrightii*;
- Correlacionar os parâmetros abióticos com os parâmetros bióticos,
- Identificar os fatores que mais influenciam no desenvolvimento dos prados de *H. wrightii* localizados nas praias de Catuama e de Suape.

## 2 Revisão Bibliográfica

### 2.1 Densidade, Biomassa e Comprimento Foliar de *H. wrightii*

Silva *et al.* (1987), analisou um banco de macroalgas (*Gracilaria* ssp.) na praia de Jaguaribe, litoral da Ilha de Itamaracá/PE, e observaram que *H. wrightii* encontrava-se em estreita associação com cerca de 58 macroalgas e que, o aumento da biomassa foi correlacionada positivamente com o aumento nos níveis de fosfato na água.

Pangallo e Bell (1988) estudaram, durante um ano, mudanças sazonais na biomassa aérea e subterrânea de *H. wrightii* na Baía de Tampa (Flórida). Os autores evidenciaram uma rápida produção de ambas as partes, aérea e subterrânea, e um aumento na biomassa do rizoma (ambas no verão), seguido por um aumento de produtividade de raízes no inverno. Sugerindo que grande parte da variação da estrutura subterrânea da planta pode estar relacionada à sazonalidade na alocação de fontes de energia.

A distribuição, abundância e produtividade de angiospermas marinhas e macroalgas foram analisadas, na Baía de Florida (EUA), por Zieman, Fourqurean e Iverson (1989), com o intuito de determinar a produtividade total e a distribuição das angiospermas em toda a região. *Halodule wrightii* apresentou uma biomassa aérea variando entre 0,0-87,5 g.ps.m<sup>-2</sup> (8±2 g.ps.m<sup>-2</sup>) no verão, sendo dominante em áreas sujeitas a extremos de temperatura e salinidade. A biomassa foliar na Baía apresentou dois padrões: o primeiro onde essa foi correlacionada com a profundidade do sedimento, especialmente na região nordeste da Baía e o segundo onde a biomassa foliar total aumentou do nordeste para o sudoeste. E verificaram, ainda, que a biomassa foliar foi maior nos sedimentos grossos em comparação com os sedimentos finos.

Dentre alguns dos objetivos analisados por Dunton (1990), o autor propôs examinar diferenças na estratégia de crescimento entre *Ruppia maritima* e *H. wrightii*, em estuários subtropicais do Texas, comparando medidas de produção de biomassas aérea durante o período de dois anos em áreas onde as duas espécies coexistem. Foi verificada uma correlação positiva entre a taxa de alongação foliar e a produção de hastes em ambas as espécies. O valor máximo de biomassa aérea registrado para *Halodule* foi de 70 g.ps.m<sup>-2</sup> e a subterrânea de 200 g.ps.m<sup>-2</sup>. O autor concluiu que o desenvolvimento sazonal de *Halodule* e de produtividade é,

inicialmente, suportada a partir de um importante complexo raiz-rizoma que é persistente durante o ano para a planta.

Tomasko (1992) desenvolveu um estudo na Flórida, para determinar se *H. wrightii* pode apresentar respostas à atenuação de luz quando cresce sob *Thalassia testudinum* e verificou, ao final do estudo, que *Halodule* apresentou diferenças morfológicas quando cresceu em um prado monoespecífico em comparação a outras plantas que crescem sob um dossel de *Thalassia*. Foram registrados, valores baixos de biomassa aérea ( $16,88 \pm 1,44$  g.ps.m<sup>-2</sup>) em relação à subterrânea, indicando, dessa forma, que *Halodule* modifica sua morfologia em resposta quando cresce abaixo do dossel da mesma.

Um estudo comparativo da macrofauna bentônica de uma área vegetada por *H. wrightii* e outra adjacente não vegetada, na praia do Codó (Ubatuba/SP) foi realizado por Corbisier (1994). A autora observou a variação sazonal da biomassa em relação à variação da temperatura, com maiores valores registrados durante o verão e os menores valores observados no inverno e início da primavera.

Dunton (1994) realizou o primeiro estudo com medições contínuas da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) em relação ao alongamento foliar e biomassa de comunidades dominadas por *H. wrightii* em três diferentes sistemas estuarinos na costa sul do Texas. A biomassa apresentou variação sazonal (março/1989 a setembro/1993) nos três estuários, com biomassa total na Laguna Madre variando entre 200-500 g.ps.m<sup>-2</sup>; na Baía de Corpus Christi variando entre 150-500 g.ps.m<sup>-2</sup>, e na Baía de Santo Antônio variando entre 22-62 g.ps.m<sup>-2</sup>, com maiores valores registrados no verão. Tal variação sugere que em águas estuarinas e costeiras, a medição contínua da PAR é crítica no desenvolvimento da relação entre disponibilidade de luz e profundidade de distribuição de angiospermas marinhas, e no estabelecimento de critérios para os padrões de transparência da água para a manutenção dos recursos dessas plantas.

Padrões sazonais de biomassa aérea e subterrânea em *H. wrightii* com relação a alguns parâmetros abióticos (temperatura, salinidade, nitrogênio inorgânico dissolvido na coluna d água, teor de clorofila, granulometria e concentração de amônia no sedimento) foram analisados por Dunton (1996) ao longo do gradiente estuarino no sul do Texas. *Halodule wrightii* apresentou grandes variações da biomassa aérea dentro dos três estuários: Laguna

Madre ( $88,0 \pm 9,6$  g.ps.m<sup>-2</sup>), Baía de Corpus Christi ( $96,9 \pm 10,7$  g.ps.m<sup>-2</sup>) e Baía de Santo Antonio ( $26,8 \pm 5,3$  g.ps.m<sup>-2</sup>). Para a biomassa subterrânea a variação foi de  $184,9 \pm 17,8$  g.ps.m<sup>-2</sup>,  $160 \pm 11,1$  g.ps.m<sup>-2</sup> e  $32,7 \pm 5,1$  g.ps.m<sup>-2</sup>, respectivamente. O autor concluiu que a ocorrência de *H. wrightii* nos três sistemas estuarinos, estava mais relacionada às mudanças na biomassa aérea e subterrânea e com a profundidade de colonização do que com características fotossintéticas, e que a elevada produtividade sob uma variação de luz, nutrientes e condições de salinidade, explica a sua distribuição e dominância no oeste do Golfo do México.

Creed (1997) investigou o grau de variação de algumas características morfológicas de populações de *H. wrightii*, comparando a variação morfológica encontrada dentro e entre nove populações geograficamente distintas com uma única população encontrada ao longo do tempo na costa do estado do Rio de Janeiro. Essa espécie apresentou variação sazonal e geográfica da biomassa, densidade e características das hastes entre as populações, sendo sugerida, pelo autor, a realização de pesquisas que relacionem a importância da genética vs influências ambientais sobre a morfologia das populações de *H. wrightii* estudadas por ele.

As variações morfométricas e de biomassa de *H. wrightii* localizada na Ilha de Itamaracá, litoral norte de Pernambuco, foram estudadas por Magalhães, Eskinazi-Leça e Moura-Júnior (1997). Os autores encontraram folhas maiores (35,8 cm) e mais largas (0,79 mm – meio da folha) nos locais permanentemente imersos, apresentando, ainda, variação sazonal com as maiores e mais largas folhas verificadas no período de estiagem. Os menores comprimentos (16,5 cm) foram registrados nos locais mais rasos, com maior influência das marés, ondas e insolação. A biomassa apresentou um gradiente crescente da costa para as áreas submersas ( $20,34-116,25$  g.ps.m<sup>-2</sup>), com a biomassa subterrânea contribuindo com 82% da biomassa total e a aérea com 18%. Os autores concluíram que tanto a morfometria quanto a biomassa podem variar de acordo com as condições locais, evidenciando que *H. wrightii* é sensível á dessecação, se desenvolvendo melhor nos locais permanentemente imersos.

Oliveira *et al.* (1997), observaram que um prado de *H. wrightii* no estado de São Paulo apresentava variação no espaço e no tempo, e realizaram estudo para verificar se esta variação estava associada a flutuações das populações de ouriço-do-mar. A biomassa aérea variou entre  $4-33$  g.ps.m<sup>-2</sup> e a subterrânea entre  $16-55$  g.ps.m<sup>-2</sup>. A suposição de que os ouriços-do-mar teriam um papel importante na estrutura do prado de *H. wrightii*, não foi confirmada, pois a

densidade de ouriço-do-mar foi baixa, e onde houve exclusão dos mesmos, não foi verificada aumento na biomassa de *H. wrightii*. A partir dessas investigações, os autores sugeriram que a menor biomassa no inverno estava relacionada à temperatura, e que o menor limite do prado poderia ser explicado pela maior instabilidade do sedimento devido ao maior hidrodinamismo, com as ondas quebrando na baixamar, ou à exposição ao ar.

Creed (1999) descreveu a variação sazonal e geográfica na biomassa, densidade de hastes dentro e entre as populações *H. wrightii* no estado do Rio de Janeiro. O autor observou variação espacial e temporal da biomassa média com a biomassa aérea entre as populações, variando entre 2-68 g.ps.m<sup>-2</sup>, e a biomassa total variando entre 11,5-112,6 g.ps.m<sup>-2</sup>; e concluiu que as menores biomassas registradas para as populações do sul podem estar sendo limitadas por variáveis ambientais mais severas encontradas no seu limite sul de distribuição. Por fim, ressalta que ainda não há estudos sobre os efeitos de fatores ambientais e bióticos sobre a produtividade e padrão de crescimento sazonal das angiospermas marinhas no Brasil, para que se possam interpretar os padrões de biomassa e densidade encontrados nestas populações.

Com o objetivo de quantificar a matéria orgânica e o aporte de nutrientes da vegetação de mangue e de angiospermas marinhas (*Cymodocea serrulata*, *H. wrightii* e *Zostera capensis*) na região entremarés, de Boer (2000) analisou entre 1996 a 1998, na Ilha de Inhaca em Moçambique, a dinâmica de produção das plantas e do resíduo (produção de serapilheira, decomposição e estoque). Para cada espécie foi verificada uma diferença sazonal na densidade, sendo o maior valor para *H. wrightii* registrado no verão (662 hastes.m<sup>-2</sup>) e o menor no inverno (424 hastes.m<sup>-2</sup>), com as folhas mais longas e mais estreitas observadas no verão (70,6 mm) e o menor comprimento no inverno (38,9 mm). A biomassa subterrânea apresentou valores entre 17,1 g.ps.m<sup>-2</sup> (verão) e 18,1 g.ps.m<sup>-2</sup> (inverno); e a biomassa aérea valores de 16,0 g.ps.m<sup>-2</sup> (verão) a 6,9 g.ps.m<sup>-2</sup> (inverno). O autor concluiu, portanto, que os prados de angiospermas marinhas são a principal fonte de nutrientes para o sistema.

Baseado no pressuposto de que a luz é o principal fator que influencia o crescimento de *H. wrightii*, Burd e Dunton (2001) testaram essa hipótese desenvolvendo um modelo para prever as mudanças na biomassa da planta com dados coletados durante o período de 9 anos na Laguna Madre (Texas). A irradiância solar e a biomassa de *Halodule* apresentaram um padrão sazonal e declínio de 1990-1995, resultado da “maré marrom”, com valores de biomassa aérea variando entre 76 a 229 g.ps.m<sup>-2</sup>, biomassa subterrânea de 90 a 500 g.ps.m<sup>-2</sup> e

biomassa total de 166 a 610 g.ps.m<sup>-2</sup>. Os autores concluíram que a intensidade de luz se constitui em um dos principais fatores abióticos que regulam a variação nos valores de biomassa para angiospermas marinhas.

Hauxwell *et al.* (2001) realizaram um experimento de campo durante o verão em quatro populações de *H. wrightii* na Península de Yucatan (México), com o objetivo de comparar as taxas de crescimento da planta determinadas pelo método tradicional de corte e de colheita (*reharvesting*), com o método de perfuração. A densidade média variou de 4225±467 hastes.m<sup>-2</sup> (Punta Cambalam) a 6710±4431 hastes.m<sup>-2</sup> (Bojorquez). Os autores verificaram que o método de corte altera a morfologia das folhas, diminuindo a largura, e que as taxas de alongamento das folhas novas também diminuíram em relação às folhas que não foram cortadas.

Jensen e Bell (2001) realizaram o primeiro registro da interação das fontes de nutrientes e da hidrodinâmica no interior de manchas de prados de angiospermas marinhas, bem como seus efeitos separados sobre elas, em cinco manchas localizadas na Baía de Tampa (Flórida). Os autores analisaram a distribuição espacial de *Halodule wrightii* (morfologia dos rizomas) dentro das manchas e, posteriormente avaliaram a relação entre a morfologia e a dinâmica das bordas das manchas em águas rasas. Como resultado, encontraram que nas cinco manchas foram verificadas diferenças morfológicas em relação à parte subterrânea da planta; tanto no verão quanto no inverno a biomassa aérea e subterrânea apresentaram maiores valores no centro da mancha; a biomassa aérea apresentou um padrão sazonal evidente, principal resultado de mudanças na estrutura aérea da planta; o comprimento foliar e a razão entre biomassa aérea e subterrânea, foi maior no verão do que no inverno. Com relação aos nutrientes no sedimento, *Halodule* apresentou crescimento específico à adição de um determinado tipo de nutriente aplicado, bem como entre as variáveis morfológicas. Com os maiores valores de biomassa aérea e subterrânea, e de densidade de hastes registrados no centro das manchas. Baseado nesses resultados, os autores concluíram que o padrão com elevados valores de biomassa no interior da mancha pode ser um indicativo de uma maior disponibilidade de recursos no centro do prado, para a planta, ou uma diminuição na remoção de biomassa pela ação das ondas e que essas respostas internas que induzem a um padrão e a uma plasticidade morfológica em angiospermas marinhas podem ser consideravelmente mais complexas, ou menos compreendidas, do que aquelas verificadas para outros organismos.

As variações morfológicas (ex. diâmetro do rizoma, comprimento do entrenó, folhas por haste, comprimento e largura das folhas) de *H. wrightii* em diferentes populações de Cuba foram estudadas por Martinez-Daranas (2002), através da revisão de amostras de 15 populações em diferentes épocas do ano e condições abióticas (profundidade, características do sedimento e exposição do prado ao batimento das ondas). Foram verificadas variações em todas as características morfológicas analisadas entre as amostras estudadas, sendo registrada uma variação do comprimento foliar entre 3,5 cm a 26,0 cm ( $12,45 \pm 4,93$ ). O autor concluiu que, embora não se conheça nenhum mecanismo exato que influencie no crescimento das angiospermas marinhas, no estudo *H. wrightii* parece ter condições propícias para o seu desenvolvimento nos canais de mangue, do que quando em prados mistos com *Thalassia* ou ao longo de praias arenosas.

Magalhães *et al.* (2003) estudaram a importância e a função dos prados de angiospermas marinhas nas proximidades das áreas de dragagem do Porto de Suape/PE. As coletas foram realizadas próximo à costa, no canal e afastado da costa. Os autores encontraram duas espécies de angiospermas marinhas (*H. wrightii* e *Halophila decipiens*), sendo *H. wrightii* a mais comum, com densidade média variando entre 432-7015 hastes.m<sup>-2</sup>; biomassa área média variando entre 4,1-148,7 g.ps.m<sup>-2</sup> e subterrânea variando entre 4,0-338,4 g.ps.m<sup>-2</sup>; e comprimento médio das folhas variando entre 3,7-12,8 cm. O estudo aponta que quanto mais perto da área de dragagem, menores são os valores de densidade, biomassa e tamanho para a planta, e sugere futuras pesquisas relacionadas às características da planta com a qualidade da água antes e depois das atividades de dragagem, bem como com a hidrodinâmica sedimentar na área.

O declínio de angiospermas marinhas foi estudado por Short *et al.* (2006), através de cinco casos de estudos nas Américas (dois locais nos EUA, um em Belize e dois no Brasil), apresentando uma primeira comparação latitudinal através de um hemisfério durante um monitoramento de 2 a 4 anos utilizando a metodologia do SeagrassNet. No Brasil foram estudadas as angiospermas marinhas da praia de Tamandaré/PE e de Abrolhos/BA, constituindo *H. wrightii* em Tamandaré a espécie mais comum. Foram observadas diferenças sazonais para a densidade e biomassa, apresentando o período de estiagem os maiores valores para todos os parâmetros da planta analisados. A biomassa foliar de *Halodule* variou entre 8,92 a 94,84 g.ps.m<sup>-2</sup> e a biomassa subterrânea variou entre 24,31 a 164,14 g.ps.m<sup>-2</sup>. A variação nos valores de biomassa e densidade foi relacionada à dinâmica dos sedimentos,

consequência do aumento da frequência de tempestades, sendo este o principal fator limitante de *H. wrightii* em Tamandaré. Em Abrolhos foi verificado declínio e mudança na distribuição dos prados de *H. wrightii*, resultado do aumento da abundância de macroalgas, causada pela diminuição da herbivoria por peixes. Quanto à mudança na distribuição dessas angiospermas, com maior ocorrência em locais rasos, essa pode também ser explicada pela redução da herbivoria direta aos prados.

Kowalsky, DeYoe e Allison (2009), estudaram a relação entre a fisiologia de *H. wrightii* e os parâmetros físico-químicos (ex. temperatura, luz, salinidade) em um lago subtropical do Texas. Tanto a biomassa aérea (33,86 g.ps.m<sup>-2</sup>) quanto a subterrânea (152,07 g.ps.m<sup>-2</sup>) apresentaram variação sazonal, com menores médias registradas durante o inverno e maiores valores no outono e verão. A densidade de hastes (96-315 hastes.m<sup>-2</sup>), também variou sazonalmente, com maiores valores verificados nos meses de verão e menores no inverno. A temperatura explicou a maior parte da variabilidade na produção de hastes e menor crescimento no inverno, e o crescimento de hastes foi correlacionado positivamente com a salinidade e a temperatura. Numa avaliação anual, *H. wrightii* parece ser limitada a curto prazo pela limitação de luz, nos meses frios associados a eventos de ressuspensão do sedimento pela passagem de frentes frias.

## **2.2 Geoquímica do Sedimento e Angiospermas Marinhas**

Short, Dennison e Capone (1990) investigaram se o fósforo ou o nitrogênio limitam o crescimento de angiospermas marinhas em sedimentos carbonáticos, através de experimentos de enriquecimento em prados da espécie tropical *Syringodium filiforme* localizados na Ilha de São Salvador (Bahamas). Os autores concluíram que o fósforo é o principal nutriente limitante em um ambiente marinho carbonático. Nos sedimentos enriquecidos com o fósforo foi verificado um aumento no crescimento, biomassa e composição do fósforo tecidual da planta, e a fixação do nitrogênio na rizosfera aumentou em resposta ao aumento do fósforo, o que poderia disponibilizar mais nitrogênio para as plantas.

Os sedimentos são configurados com a principal fonte de nutrientes para angiospermas marinhas. Baseado nesse pressuposto, Fourqurean, Zieman e Powell (1992) analisaram as relações entre as fontes de nutrientes, a biomassa e a composição de espécies de angiospermas marinhas dos prados (*Thalassia testudinum* e *Halodule wrightii*), bem como a composição química do tecido dessas plantas na Baía da Flórida. Os autores avaliaram ainda, a existência de relação entre os nutrientes do sedimento e a razão de C:N:P das plantas, e se diferenças na composição de espécies são suportadas por uma diferença nas características desses nutrientes no sedimento. Os resultados obtidos demonstraram uma grande variação na concentração dos nutrientes no sedimento, apresentando as áreas sem angiospermas marinhas as menores concentrações de fosfato solúvel reativo (SRP), as áreas com presença de *Thalassia* concentrações intermediárias, e áreas com presença de *Halodule* os maiores valores. Com relação às concentrações da amônia (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), as maiores concentrações foram registradas nas áreas com *Halodule*, as menores nas áreas sem plantas e concentrações intermediárias em prados de *Thalassia*. Foi verificada, ainda, uma relação significativa entre a biomassa total e a profundidade média de concentração do SRP no sedimento, enquanto que a relação entre a biomassa total e a concentração de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> no sedimento não foi significativa. A relação entre o conteúdo de nutrientes das folhas de *Thalassia* e os nutrientes do sedimento foi significativamente diferente. Com os resultados do estudo, os autores confirmaram a hipótese de que os nutrientes do sedimento são a mais importante fonte de nutrientes para o crescimento dessas plantas, apresentando uma forte relação entre a concentração de nutrientes no sedimento com a biomassa e a composição de espécies. No geral, o sedimento carbonático da Baía ocasionou a P-limitação para o desenvolvimento e controle da composição das espécies.

A relação entre a concentração dos nutrientes da água intersticial do sedimento e as características do sedimento foi estudada por Erftemeijer e Middelburg (1993) em dois prados de angiospermas marinhas com dois tipos de sedimentos no sul de Sulawesi (Indonésia). Os dados demonstraram que as concentrações do fosfato em sedimentos carbonáticos foram significativamente maiores nos centímetros superiores do sedimento. Os autores atribuíram a este enriquecimento do fosfato à rápida regeneração do fósforo e do nitrogênio na rizosfera, com subsequente remoção da amônia pela nitrificação. A capacidade de adsorção do fosfato pelos sedimentos carbonáticos foi diretamente relacionada à sua granulometria, com o sedimento carbonático composto por frações grossas apresentando elevada concentração de fosfato na água intersticial, como resultado de sua limitada capacidade de adsorção. Em

contraste, nos sedimentos carbonáticos de frações finas foi verificada baixas concentrações de fosfato na água intersticial, constatando uma forte evidência de P-limitação para o crescimento dessas plantas.

Erftemeijer *et al.* (1994) analisaram a resposta de angiospermas marinhas ao enriquecimento *in situ* de nutrientes no sedimento, em três prados de espécies tropicais do Indo-Pacífico, localizados no sul de Sulawesi (Indonésia). Os autores compararam os resultados das espécies para a fertilização com nitrogênio e fósforo em diferentes sedimentos (carbonáticos e terrígenos). A densidade de hastes para todas as espécies variou consideravelmente entre as áreas, mas não foram observadas relações significativas entre a densidade de hastes, a biomassa e o crescimento das angiospermas em relação à fertilização com nitrogênio ou fósforo. O estudo revelou que os níveis de nutrientes nas áreas estudadas suprem as necessidades de crescimento da planta e que tanto o nitrogênio quanto o fósforo não são fatores limitantes em sedimentos carbonáticos e terrígenos.

O crescimento, as respostas morfológicas e fisiológicas de duas espécies de angiospermas marinhas (*Halodule uninervis* e *Syringodium isotifolium*) para sedimentos com elevada concentração de nitrogênio e/ou fósforo, foram analisados por Udy *et al.* (1999) na Ilha Verde (Austrália). O objetivo do estudo foi investigar se o aumento na concentração de nutrientes poderia explicar o aumento na distribuição dessas espécies na área. Foi verificado um aumento na taxa de crescimento, na composição de aminoácidos e no teor de nutrientes no tecido de ambas as espécies em resposta à elevação da concentração do nitrogênio. O estudo foi o primeiro a demonstrar que o nitrogênio, ao invés do fósforo, é o principal nutriente limitante para o crescimento das angiospermas marinhas em sedimentos carbonáticos e defende a hipótese de que o aumento na distribuição das plantas e da biomassa na Ilha Verde foi causado pelo aumento na disponibilidade de nutrientes.

Kilminster *et al.* (2006) descreveram as respostas fisiológicas e nutricionais da angiosperma marinha *Halophila ovalis* no Rio Swan (Austrália Ocidental) com relação às concentrações de matéria orgânica (MO) no sedimento. Os autores testaram a hipótese de que a planta e sedimentos não vegetados são alterados pela matéria orgânica particulada (MOP) ou pela matéria orgânica dissolvida (MOD), e se existe um *feedback* positivo em que o aumento da MO resulta no aumento de nutrientes em angiospermas marinhas. Os resultados sugerem um complexo equilíbrio entre os efeitos positivos e negativos do enriquecimento da

MO, embora as concentrações de nitrogênio e fósforo nas folhas de *H. ovalis* aumentaram e o crescimento da planta diminuiu para os enriquecimentos com MOD e MOP. Foi verificado, ainda, que o fosfato foi removido da água intersticial do sedimento após a adição da MOP e, provavelmente, translocado para as folhas. Os autores sugerem que outros fatores além da limitação de nutrientes (por ex. restrições biogeoquímicas) podem reduzir o efeito da dinâmica de nutrientes nas angiospermas marinhas e devem ser o foco de futuros estudos.

A hipótese de que sedimentos com teor de matéria orgânica (MO) é limitante para o crescimento e distribuição da angiosperma marinha *Zostera marina*, foi testada por Wicks *et al.* (2009) usando uma combinação de observação *in situ* na Baía de Chincoteague (Maryland) e em um experimento. Em campo, *Z. Marina* foi ausente em áreas com conteúdo de MO >4%. Em contraste, no experimento, a planta cresceu em sedimentos ricos em MO (4-6%), sendo observadas folhas desproporcionalmente longas e raízes curtas. A partir destes resultados, os autores sugerem que essas limitações no desenvolvimento da angiosperma marinha precisam ser avaliadas dentro das características hidrodinâmica locais.

### 3 Referências

ALVES, M. S. Fauna associada dos prados de *Halodule wrightii* Ascherson. I: BARROS, H. M.; ESKINAZI-LEÇA, E.; MACEDO, S. J.; LIMA, T. (Eds.). **Gerenciamento participativo de estuários e manguezais**. Recife: Editora Universitária da UFPE, p. 75-87, 2000.

de BOER, W. F. Biomass dynamics of seagrasses and the role of mangrove and seagrass vegetation as different nutrient sources for an intertidal ecosystem. **Aquatic Botany**, v. 66, p. 225-239, 2000.

BURD, A. B.; DUNTON, K. H. Field verification of a light-driven model of biomass changes in the seagrass *Halodule wrightii*. **Marine Ecology Progress Series**, v. 209, p. 85-98, 2001.

CABAÇO, S.; MACHÁS, R.; SANTOS, R. Biomass-density relationships of the seagrass *Zostera noltii*: A tool for monitoring anthropogenic nutrient disturbance. **Estuaries, Coastal and Shelf Science**, v. 74, p. 557-564, 2007.

CAPONE, D. G. Nitrogen fixation (acetylene reduction) by rhizosphere sediments of the eelgrass *Zostera marina*. **Marine Ecology Progress Series**, v. 10, p. 67-75, 1982.

CONSTANZA, R.; d'ARGE, R.; GROOT, R. de; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R. V.; PARUELO, J.; RASKIN, R. G.; SUTTON, P.; BELT, M. van den. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, New York, v. 387, p. 253-260, 1997.

CORBISIER, T. N. Macrozoobentos da Praia do Codó (Ubatuba, SP) e a presença de *Halodule wrightii* Ascherson. **Boletim do instituto de Oceanografia de São Paulo**, v. 42(1/2), p. 99-111, 1994.

CREED, J. C. Distribution, seasonal abundance and shoot size of the seagrass *Halodule wrightii* near its southern limit at Rio de Janeiro state, Brazil. **Aquatic Botany**, v. 65, p. 47-58, 1997.

CREED, J. C. Distribution, seasonal abundance and shoot size of the seagrass *Halodule wrightii* near its southern limit at Rio de Janeiro state, Brazil. **Aquatic Botany**, v. 65, p. 47-58, 1999.

DAWES, C. J. **Marine Botany**. 2a ed. New York: John Wiley, 1998, 408p.

DUNTON, K. H. Production ecology of *Ruppia maritima* L. s.l. and *Halodule wrightii* Aschers. in two subtropical estuaries. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 143, p. 147-164, 1990.

DUNTON, K. H. Seasonal growth and biomass of the subtropical seagrass *Halodule wrightii* in relation to continuous measurements of underwater irradiance. **Marine Biology**, v. 120, p. 479-489, 1994.

DUNTON, K. H. Photosynthetic production and biomass of the subtropical seagrass *Halodule wrightii* along an estuarine gradient. **Estuaries**, v. 19, n. 2B, p. 436-447, 1996.

ERFTEMEIJER, P. L. A.; STAPEL, J.; SMEKENS, M. J. E.; DROSSAERT, W. M. E. The limited effect of in situ phosphorus and nitrogen additions to seagrass beds on carbonate and terrigenous sediments in South Sulawesi, Indonesia. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 182, p. 123-140, 1994.

ERFTEMEIJER, P. L. A.; HERMAN, P. M. J. Seasonal changes in environmental variables, biomass, production and nutrient contents in two contrasting tropical intertidal seagrass beds in South Sulawesi, Indonesia. **Oecologia**, v. 99, p. 45-59, 1994.

ERFTEMEIJER, P. L. A.; MIDDELBURG, J. J. Sediment-nutrient interactions in tropical seagrass beds: A comparison between a terrigenous and a carbonate sedimentary environment in South Sulawesi (Indonesia). **Marine Ecology Progress Series**, v. 102, p. 187-198, 1993.

FOURQREAN, J.W.; ZIEMAN, J. C.; POWELL, G. V. N. Relationships between porewater nutrients and seagrasses in a subtropical carbonate environment. **Marine Biology**, v. 114, p. 57-65, 1992.

GRANGER, S.; LIZUMI, H. Water quality Measurement Methods for Seagrass Habitat. In: SHORT, F. T.; COLES, R. G. Eds). **Global Seagrass Methods**, Elsevier, New York, p. 393-406, 2001.

GRAS, A. F.; KOCH, M. S.; MADDEN, C. J. Phosphorus uptake kinetics of a dominant tropical seagrass *Thalassia testudinum*. **Aquatic Botany**, v. 76, p. 299-315, 2003.

HAUXWELL, J.; CEBRIÁN, J.; HERRERA-SILVEIRA, J. A.; RAMÍREZ, J. R.; ZALDIVA, A. J.; GOMEZ, N.; ARANDA-CIREROL, N. Measuring production of *Halodule*

*wrightii*: additional evidence suggests clipping underestimates growth rate. **Aquatic Botany**, v. 69, p. 41-54, 2001.

HECK, K. L. Jr.; CARRUTHERS, T. J. B.; DUARTE, C. M.; HUGHES, A. R.; KENDRICK, G.; ORTH, R. J.; WILLIAMS, S. W. Trophic transfers from seagrass meadows subsidize marine and terrestrial consumers. **Ecosystems**, v. 11, p. 1198-1210, 2008.

HECK, K. L. Jr.; HAYS, C.; ORTH, R. J. Critical evaluation of the nurse role hypothesis for seagrass meadows. **Marine Ecology Progress Series**, v. 253, p. 123-136, 2003.

HEMMINGA, M. A.; DUARTE, C. M. **Seagrass Ecology**. Cambridge University Press, 2000, 298p.

HEMMINGA, M. A.; HARRISON, P. G.; van LENT, F. The Balance of nutrient losses and gains in seagrass meadows. **Marine Ecology Progress Series**, v. 71, p. 85-96, 1991.

JENSEN, S.; BELL, S. Seagrass growth and patch dynamics: cross-scale morphological plasticity. **Plant Ecology**, v. 155, p. 201-217, 2001.

JONES, C. G.; LAWTON, J. H.; SHACHAK, M. Positive and negative effects of organisms as physical ecosystem engineers. **Ecology**, v. 78, p. 1946-1957, 1997.

KEMPF, M. Nota preliminar sobre os fundos costeiros da região de Itamaracá (Norte do Estado de Pernambuco, Brasil). **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, Recife, v. 9/11, p. 95-110, 1970.

KENWORTHY, W. J.; FONSECA, M. S. The use of fertilizer to enhance growth of transplanted seagrasses *Zostera marina* L. and *Halodule wrightii* Aschers. **Journal Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 163, p. 141-161, 1992.

KILMINSTER, K. L.; WALKER, D. I.; THOMPSON, P. A.; RAVEN, J. A. Limited nutritional benefit to the seagrass *Halophila ovalis*, in culture, following sediment organic matter enrichment. **Estuaries, Coastal and Shelf Science**, v. 68, p. 675-685, 2006.

KIRKMAN, H. Seagrasses distribution and mapping. In: PHILLIPS, R. C.; McROY, C. P. (eds). **Seagrasses Research Methods: monographs on oceanographic methodology**. Paris: UNESCO, p. 19-25, 1990.

KOCH, E. W. Beyond light: physical, geological and geochemical parameters as possible submersed aquatic vegetation habitat requirements. **Estuaries**, v. 24, n. 1, p. 1-17, 2001.

KOCH, E. W.; BEER, S. Tides, light and the distribution of *Zostera marina* in Long Island Sound, USA. **Aquatic Botany**, v. 53, p. 97-107, 1996.

KOWALSKI, J. L.; DEYOE, H. R.; ALLISON, T. C. Seasonal production and biomass of the seagrass, *Halodule wrightii* Aschers. (Shoal Grass), in a subtropical Texas Lagoon. **Estuaries and Coasts**, v. 32, p. 467-482, 2009.

MAGALHÃES, K. M.; COCENTINO, A. L. M.; ESKINAZI-LEÇA, E.; FERNANDES, M. L. B.; REIS, T. N. V.; GUIMARÃES, N. C. L.; RODRIGUES, H. S. Seagrass meadows at the Suape Port area, Pernambuco, Brazil. In: Anais de Trabalhos Completos do Congresso de Ecologia do Brasil, 2003. Fortaleza. Anais... Editora da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, p. 334-335, 2003.

MAGALHÃES, K. M.; ESKINAZI-LEÇA, E.; MOURA JUNIOR, A. M. Biomassa e morfometria da fanerógama marinha *Halodule wrightii* Ascherson no litoral norte de Pernambuco. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, v. 25, p. 83-91, 1997.

MARQUES, L. V.; CREED, J. C. Biologia e ecologia das fanerógamas marinhas do Brasil. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 2, p. 315-331, 2008.

MARTÍNEZ-DARANAS, B. Variaciones morfológicas de *Halodule wrightii* Ascherson (Cymodoceaceae) em Cuba. **Oceánides**, v. 17, n. 2, p. 93-101, 2002.

MELLORS, J.; WAYCOTT, M.; MARSH, H. Variation in biogeochemical parameters across intertidal seagrass meadows in the central Great Barrier Reef region. **Marine Pollution Bulletin**, v. 51, p. 335-342, 2005.

MILLER, M. W.; SLUKA, R. D. Patterns of seagrass and sediment nutrient distribution suggest anthropogenic enrichment in Laamu Atoll, Republic of Maldives. **Marine Pollution Bulletin**, v. 38, n. 12, p. 1152-1156, 1999.

MURRAY, L.; DENNISON, W. C.; KEMP, W. M. Nitrogen versus phosphorus limitation for growth of an estuarine population of eelgrass (*Zostera marina* L.). **Aquatic Botany**, v. 44, p. 83-100, 1992.

OLIVEIRA, E. C.; CORBISIER, T. N.; ESTON, V. R. de; AMBRÓSIO JUNIOR, O. Phenology of seagrass (*Halodule wrightii*) bed on the southeast coast of Brazil. **Aquatic Botany**, v. 56, n. 1, p. 25-33, 1997.

PANGALLO, R. A.; BELL, S. S. Dynamics of the aboveground and belowground structure of the seagrass *Halodule wrightii*. **Marine Ecology Progress Series**, v. 43, p. 297-301, 1988.

PÉREZ, M; INVERS, O.; RUIZ, J. M.; FREDERIKSEN, M. S.; HOLMER, M. Physiological responses of the seagrass *Posidonia oceanica* to elevated organic matter content in sediments: An experimental assessment. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 344, p. 149-160, 2007.

PEREZ-LLORENS, J. L.; NIELL, F. X. Short-term phosphate uptake kinetics in *Zostera noltii* Hornem: a comparison between excised leaves and sediment-rooted plants. **Hydrobiologia**, v. 297, n. 1, p. 17-27, 1995.

PERRY, C. J.; DENNISON, W. C. Microbial nutrient cycling in seagrass sediments. **AGSO J. Aust. Geol. Geophys**, v. 17, p. 227-231, 1999.

PHILLIPS, R. C. The seagrass ecosystem and resources in Latin America. In: SEELIGER, V. (ed.). **Coastal plant communities of Latin America**. San Diego: Academic Press, p. 108-121, 1992.

PHILLIPS, R. C.; MEÑEZ, E. G. **Seagrasses**. Smithsonian Institution Press: Washington, DC, Smithsonian Contributions to the Marine Sciences, N° 84, 1988, 104p.

SHORT, F. T. Effects of sediment nutrients on seagrasses: literature review and mesocosm experiment. **Aquatic Botany**, v. 27, p. 41-57, 1987.

SHORT, F. T.; COLES, R. G.; PERGENT-MANTINI, P. Global seagrass distribution. In: SHORT, F. T.; COLES, R. G. (Eds). **Global Seagrass Methods**, Elsevier, New York, p. 141-154, 2001.

SHORT, F. T.; DENNISON, W. C.; CAPONE, D. G. Phosphorus-limited growth of the tropical seagrass *Syringodium filiforme* in carbonate sediments. **Marine Ecology Progress Series**, v. 62, p. 169-174, 1990.

SHORT, F. T.; KOCH, E. W.; CREED, J. C.; MAGALHÃES, K. M.; FERNANDEZ, E.; GAECKLE, J. L. SeagrassNet monitoring across the Americas: case studies of seagrass decline. **Marine Ecology**, v. 27, n. 4, p. 277-289, 2006.

SILVA R. L.; PEREIRA, S. M. B.; OLIVEIRA FILHO, E. C. DE; ESTON, V. R. Structure of a bed *Gracilaria* spp. (Rhodophyta) in Northeast Brazil. **Botanica Marina**, v. 30, p. 517-523, 1987.

TERRADOS, J.; DUARTE, C. M.; KAMP-NIELSEN, L.; AGAWIN, N. S. R.; GACIA, E.; LACAP, D.; FORTES, M. D.; BORUM, J.; LUBANSKI, M.; GREVE, T. Are seagrass growth and survival constrained by the reducing conditions of the sediment? **Aquatic Botany**, v. 65, p. 175-197, 1999.

TOMASKO, D. A. Variation in growth form of shoal grass (*Halodule wrightii*) due to changes in the spectral composition of light below a canopy of turtle grass (*Thalassia testudinum*). **Estuaries**, v. 15, n. 2, p. 214-217, 1992.

UDY, J. W.; DENNISON, W. C. Growth and physiological responses of three seagrass species to elevated sediment nutrients in Moreton Bay, Australia. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 217, p. 253-277, 1997.

UDY, J. W.; DENNISON, W. C.; LEE LONG, W. J.; MCKENZIE, L. J. Responses of seagrass to nutrients in the Great Barrier Reef, Australia. **Marine Progress Series**, v. 185, p. 257-271, 1999.

UNEP. **Guidelines for impact assessment on seagrass meadows**. United Nations Environment Programme. Mediterranean Action Plan, 2007, 44p.

Van MOOY, B. A. S.; KEIL, R. G. Seasonal variation in sedimentary amino acids and the association of organic matter with mineral surfaces in a sandy eelgrass meadow. **Marine Ecology Progress Series**, v. 227, p. 275-280, 2002.

WAYCOTT, M.; DUARTE, C. M.; CARRUTHERS, T. J. B.; ORTH, R. J.; DENNISON, W. C.; OLYARNIK S.; CALLADINE, A.; FOURQUREAN, J. W.; HECK, K. L. JR.; HUGHES, A. R.; KENDRICK, G. A.; KENWORTHY, W. J.; SHORT, F. T.; WILLIAMS, S. L. Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. **PNAS**, v. 106, n. 30, p. 12377-12381, 2009.

WICKS, E. C.; KOCH, E. W.; O'NEIL, J. M.; ELLISTON, K. Effects of sediment organic content and hydrodynamic conditions on the growth and distribution of *Zostera marina*. **Marine Ecology Progress Series**, v. 378, p. 71-80, 2009.

ZIEMAN, J. C.; FOURQUREAN, J. W.; IVERSON, R.L. Distribution, abundance and productivity of seagrasses and macroalgae in Florida Bay. **Bulletin of Marine Science**, v. 44, n. 1, p. 292-311, 1989.

#### **4. Trabalhos Científicos**

**Trabalho 1 - Variação sazonal na estrutura de populações da espécie tropical *Halodule wrightii* Ascherson**

**Maria Elisa Pitanga**

Programa de Pós-Graduação em Oceanografia / Universidade Federal de Pernambuco  
Av. Arquitetura, S/N, Cidade Universitária, Recife-Pernambuco, Brasil

**Manuel de Jesús Flores Montes**

Programa de Pós-Graduação em Oceanografia / Universidade Federal de Pernambuco  
Av. Arquitetura, S/N, Cidade Universitária, Recife/PE, Brasil

**Karine Matos Magalhães**

Departamento de Biologia / Universidade Federal Rural de Pernambuco  
R. Dom Manoel de Medeiros, S/N, Dois Irmãos, Recife/PE, Brasil

**Trabalho a ser enviado para publicação na Revista *Journal of Coastal Research***

**Variação sazonal na estrutura de populações da espécie tropical *Halodule wrightii* Ascherson**

Maria Elisa Pitanga

Dept. de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, 50670-901, Brazil

melisapitanga@yahoo.com.br

Manuel de Jesús Flores Montes

Dept. de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, 50670-901, Brazil

manflomon@yahoo.com

Karine Matos Magalhães

Dept. de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, 52171-900, Brazil

karinemmagalhaes@yahoo.com.br

**ABSTRACT**

The seagrasses form ecosystems which are considered as one of the most valuable in terms of ecological services provided to the environment (shelter, food, nursery area), being considered "ecosystem engineers" because they have the ability to modify the hydrological, physical and geological conditions of the environments where they occur. The populations of these plants have a morphological plasticity that allows them to maximize the acquisition of resources at unpredictable levels or in response to changes in resource availability. Aiming to describe and compare *Halodule wrightii* populations from tropical areas of South Atlantic, correlating with some physico-chemical properties of water, the main hydrological characteristics were analyzed, as the water temperature, salinity, dissolved oxygen, suspended particulate matter and dissolved nutrients (nitrite, nitrate and phosphate). To verify the existence of structural differences between populations of *H. wrightii*, the shoot density, above and belowground biomass, and leaf length were analyzed. Considering the analyzed parameters, the two studied populations of *H. wrightii* showed structural differences within and between meadows. These variations in morphological characteristics in populations of *H. wrightii*, for Pernambuco, reflect specific differences in environmental conditions to each area.

**ADDITIONAL INDEX WORDS:** *Seagrass, Density, Biomass, Leaf Length, Morphological Variation*

## INTRODUÇÃO

As angiospermas marinhas podem ser encontradas em águas costeiras de todo mundo, com exceção de latitudes polares (Short *et al.*, 2007). Essas plantas são consideradas “engenheiras de ecossistemas”, por terem a capacidade de modificar as condições hidrológicas, físicas e geológicas dos ambientes onde ocorrem (Jones, Lawton e Shachak, 1994). Além disso, os ecossistemas formados pelas angiospermas marinhas são considerados um dos mais valiosos em termos de serviços ecológicos prestados ao ambiente, representando cerca de 11.5% do fluxo total anual do valor em dólares dos serviços prestados por ecossistemas terrestres e aquáticos em todo o mundo (Constanza *et al.*, 1997).

As populações de angiospermas marinhas apresentam uma plasticidade morfológica, sugerindo ser uma forma de adaptação quando ocorrem em ambientes heterogêneos, permitindo maximizar a aquisição de recursos em níveis imprevisíveis ou em resposta a alteração da disponibilidade de recursos (Houston e McNamara, 1992). Essas características estruturais são determinadas, em parte, por variações morfológicas individuais das plantas, como o número, comprimento e largura da folha, quantidade de epífitas e pelo número de plantas presentes por unidade de área dentro de um prado (Hemminga e Duarte, 2000).

Estas plantas ocorrem numa variedade de ambientes costeiros e marinhos, ficando suscetíveis a inúmeros fatores ambientais, os quais podem afetar o seu crescimento, bem como a sua abundância (Duarte e Kirkman, 2001). A caracterização desses fatores para as angiospermas marinhas, tem demonstrado ser um recurso muito útil para o manejo e para prevenção de seu declínio em áreas mais sensíveis (Hemminga e Duarte, 2000; Koch e Beer, 1996; UNEP, 2007).

Para o litoral do Brasil e de Pernambuco são registrados três gêneros e quatro espécies de angiospermas marinhas: *Halodule wrightii* Ascherson, *Halophila baillonii* Ascherson, *Halophila decipiens* Ostenfeld e *Ruppia marítima* Lineaus. *H. wrightii* é a espécie de maior ocorrência no litoral brasileiro, com seu limite de distribuição desde o Piauí até o Paraná (Oliveira Filho *et al.*, 1983), sendo ainda esta espécie considerada, a mais abundante e bem estudada no Brasil e em Pernambuco (Corbisier, 1994; Creed, 1997 e 1999; Magalhães *et al.*, 1997; Oliveira *et al.*, 1997).

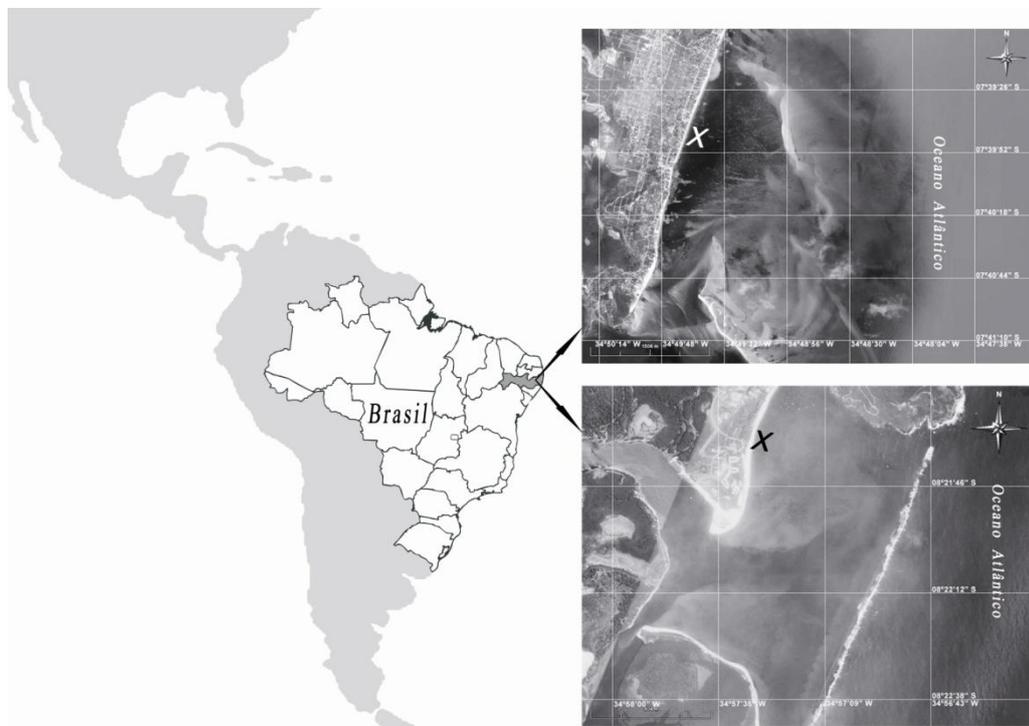
No litoral brasileiro está ocorrendo um crescimento no número de estudos relacionados à biologia e ecologia das angiospermas marinhas (Corbisier, 1994; Creed, 1997 e 1999; Magalhães *et al.*, 1997; Magalhães *et al.*, 2003; Oliveira *et al.*, 1997; Short *et al.*, 2006), contudo, não há até o momento para esta região tropical, estudo que enfoque

diferenças morfológicas dentro e entre as populações de angiospermas marinhas. Desta forma, o presente estudo tem por objetivo descrever e comparar populações de *Halodule wrightii* em relação a algumas propriedades físico-químicas da água na área de ocorrência dessas plantas em duas praias no litoral de Pernambuco.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de Estudo

As populações de *Halodule wrightii* selecionadas para o estudo, estão situadas em áreas tropicais do Atlântico Sul, no litoral norte, praia de Catuama – CB ( $7^{\circ}37'40,7''S$ ;  $34^{\circ}48'19,9''W$ ), e no litoral sul de Pernambuco, praia de Suape – SB ( $8^{\circ}21'39,9''S$  e  $34^{\circ}57'20,7''W$ ) (Figura 1). O clima da região é tropical úmido, caracterizado por duas estações: uma de estiagem (setembro a fevereiro) e uma chuvosa (março a agosto), com precipitação e temperatura média anual de 1.763 mm e  $26^{\circ}C$ , respectivamente (Andrade e Lins, 2005).



**Figura 1.** Área de estudo, destacando o estado de Pernambuco (Brasil) e os pontos de coleta (X) nas praias de Catuama - CB e Suape - SB. Fonte: Imagem de satélite obtida em agosto de 2010 do Google Earth, modificada por L. Cabanez.

## Etapa de Campo

Foram realizadas oito coletas de água e de plantas, para cada praia, durante um ciclo sazonal, no horário de baixa-mar (marés < 0.4m), no período de sizígia, correspondente ao período chuvoso (maio a agosto de 2009) e ao período de estiagem (novembro de 2009 a fevereiro de 2010). Três transectos (A, B e C) foram estabelecidos para Catuama - CB e Suape - SB, com 50 m de comprimento cada, paralelos à costa, com distância de 50 m entre si, desde o início do mesolitoral (A) até uma área do prado onde a planta nunca fica descoberta (C). Todas as amostras foram coletadas em três pontos equidistantes (início – 0 m, meio – 25 m e fim – 50 m) em cada transecto.

Foram utilizadas garrafas oceanográficas para as coletas de água (N = 144), para análises da temperatura da água (termômetro portátil), salinidade, oxigênio dissolvido (OD), material particulado em suspensão (MPS) e nutrientes dissolvidos (nitrito, nitrato e fosfato). Após as coletas, as amostras devidamente identificadas foram encaminhadas ao Laboratório de Oceanografia Química da Universidade Federal de Pernambuco (LOQuim/UFPE). Os dados mensais de pluviosidade foram obtidos no banco de dados do Laboratório de Meteorologia de Pernambuco (LAMEPE/ITEP).

Para as coletas de *Halodule wrightii* (N = 432) foi utilizado um tubo coletor com 9.8 cm de diâmetro e, em seguida, o material devidamente etiquetado em sacos de plástico individuais foi encaminhado ao Laboratório de Ecossistemas Aquáticos da Universidade Federal Rural de Pernambuco (LEAqua/UFRPE).

## Etapa de Laboratório

A salinidade foi determinada através do método indireto de Morh-Knudsen, descrito por Strickland e Parsons (1972). Para a determinação do oxigênio dissolvido ( $\text{mL.L}^{-1}$ ) foi empregado o método de Winkler modificado, descrito por Strickland e Parsons (1972). Os valores do material particulado em suspensão ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) foram obtidos por método gravimétrico descrito por Baumgarten, Niencheski e Rocha (2010). Os nutrientes dissolvidos ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) foram analisados utilizando a metodologia proposta por Strickland e Parsons (1972) e por Grasshof, Ehrhardt e Kremling (1983).

Para cada amostra da planta foi determinada a densidade de hastes ( $\text{hastes.m}^{-2}$ ) e a biomassa aérea e subterrânea ( $\text{g ps.m}^{-2}$ ), seguindo a metodologia proposta por Duarte e Kirkman (2001). Para a análise morfométrica da planta, foram selecionadas as cinco maiores

hastes de cada amostra e, de cada haste, foi retirada a maior folha para medição do seu comprimento (cm), com o auxílio de uma régua.

### **Análise Estatística**

Para detectar diferenças significativas dos parâmetros abióticos e bióticos entre as praias estudadas, entre os períodos do ano e entre os transectos, foi aplicada a ANOVA Fatorial. Para detectar diferença sazonal em relação à precipitação para as áreas estudadas, foi aplicada a ANOVA One-Way. Quando diferenças significativas foram registradas, utilizou-se o Teste de Tukey. A Correlação de Pearson foi realizada entre os parâmetros abióticos e bióticos. A ANOVA foi aplicada utilizando-se o Programa Statistica<sup>®</sup> 8.0 e a Correlação de Pearson o Programa NTSYSpc 2.1. O nível de  $\alpha$  aceito foi de 0.05.

## **RESULTADOS**

### **Parâmetros físico-químicos da água**

Todos os parâmetros físico-químicos diferiram significativamente entre as praias (**T<sup>o</sup>** - F=54; p<0.001, **Salinidade** - F=13; p<0.001, **OD** - F=24.14; p<0.001, **MPS** - F=5.74; p=0.018, **NO<sub>2</sub>** - F=60.65; p<0.001, **NO<sub>3</sub>** - F=5.71; p=0.018, **PO<sub>4</sub>** - F=43.35; p<0.001), com exceção da precipitação pluviométrica (F=0.06; p=0.814), que apresentou para CB valores mensais variando entre 44.8 mm (Nov/09) a 418.2 mm (Maio/09) e média de 211.9±47.1 mm, com diferenças significativas entre os períodos do ano (F=14.62; p=0.009). Para SB foram registrados valores entre 45.9 mm (Dez/09) a 374.4 mm (Jun/09) e média de 226.9±43.1 mm.

A temperatura da água para CB variou entre 26,5°C (Período Chuvoso) a 34,9°C (Período de Estiagem), e para SB variou entre 26,0°C (Período Chuvoso) a 31,0°C (Período de Estiagem), sendo verificada variação sazonal para as praias (**CB** - F=131.1; p<0.001 e **SB** - F=84.0; p<0.001). A salinidade para CB variou entre 31,18 (Período Chuvoso) a 37,71 (Período de Estiagem), e para SB variou entre 33,15 (Período Chuvoso) a 37,15 (Período de Estiagem), com diferenças significativas sazonais para CB (F=62.0; p<0.001) e SB (F=5.8; p=0.019). A concentração de oxigênio dissolvido para CB variou entre 2,15 ml.L<sup>-1</sup> (Período Chuvoso) a 10,45 ml.L<sup>-1</sup> (Período de Estiagem), e para SB variou entre 2,35 ml.L<sup>-1</sup> (Período de Estiagem) a 9,68 ml.L<sup>-1</sup> (Período Chuvoso), com diferenças significativas entre os períodos do ano para as praias (**CB** - F=9.07; p=0.003 e **SB** - F=33.65; p<0.001). O material

particulado em suspensão para CB variou entre 2,40 mg.L<sup>-1</sup> a 102,00 mg.L<sup>-1</sup> (ambos no Período Chuvoso), e para SB variou entre 0,47 mg.L<sup>-1</sup> a 67,60 mg.L<sup>-1</sup> (ambos no Período Chuvoso), com diferenças significativas entre os períodos do ano para CB (F=26.73; p<0.001) e SB (F=7.55; p=0.008).

Todas as concentrações dos nutrientes dissolvidos diferiram significativamente entre as praias estudadas (**NO<sub>2</sub>** - F=60.65; p<0.001, **NO<sub>3</sub>** - F=5.71; p=0.018, **PO<sub>4</sub>** - F=43.35; p<0.001), com as menores concentrações registradas para SB (**NO<sub>2</sub>** - 0.012±0.002 μmol.L<sup>-1</sup>, **NO<sub>3</sub>** - 0.238±0.021 μmol.L<sup>-1</sup>, **PO<sub>4</sub>** - 0.018±0.006 μmol.L<sup>-1</sup>) no período de estiagem (Tabela 1). E as maiores concentrações foram observadas para CB (**NO<sub>2</sub>** - 0.052±0.005 μmol.L<sup>-1</sup>, **NO<sub>3</sub>** - 0.643±0.137 μmol.L<sup>-1</sup>, **PO<sub>4</sub>** - 0.085±0.012 μmol.L<sup>-1</sup>) no período chuvoso (Tabela 1). Sendo verificadas diferenças significativas sazonais para o **NO<sub>3</sub>** em SB (F=6.18; p=0.015) e para o **PO<sub>4</sub>** em CB (F=2.48; p=0.117).

### *Halodule wrightii*

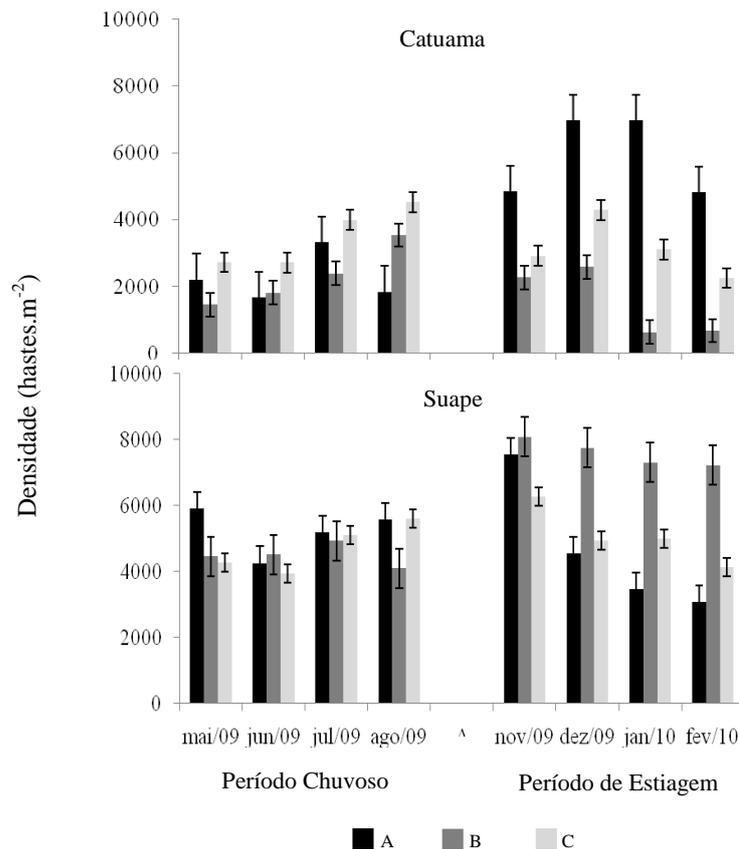
A população de *Halodule wrightii* estudada em Catuama apresentou um padrão estrutural com menor densidade de hastes, maior biomassa aérea, menor biomassa subterrânea, maior biomassa total e folhas mais longas, quando comparada a Suape. Esta segunda população foi caracterizada por uma maior densidade de hastes, menor biomassa aérea, elevada biomassa subterrânea, menor biomassa total e folhas mais curtas.

### **Densidade de Hastes de *Halodule wrightii***

A densidade média de hastes de *H. wrightii* diferiu significativamente entre as populações (F= 45.01; p<0.001), com o menor valor médio (1541±516 hastes.m<sup>-2</sup>) registrado para CB, e o maior (7594±202 hastes.m<sup>-2</sup>) para SB, ambos no período de estiagem (Tabela 1), sendo verificada diferenças significativas sazonais para as populações (**CB** - F=1.99; p=0.163 e **SB** - F=2.87; p=0.095). A densidade de hastes exibiu correlação fraca ou negativa para os parâmetros físico-químicos da água (Tabela 2 e 3).

CB apresentou densidade de hastes variando entre 630 hastes.m<sup>-2</sup> (B, período de estiagem) a 6971 hastes.m<sup>-2</sup> (A, período de estiagem), com diferenças significativas entre os transectos (F=12.18; p<0.001). Em geral, CB apresentou menores valores no período chuvoso, com os menores valores observados para o transecto B (Figura 2).

Em SB a densidade de hastes variou entre 3066 hastes.m<sup>-2</sup> (A, período de estiagem) a 8091 hastes.m<sup>-2</sup> (B, período de estiagem), não apresentando diferenças significativas entre transectos (F=0.23; p=0.793). O período chuvoso apresentou valores mais uniformes em relação ao período de estiagem, tendo sido observado, para o transecto C, a menor variação nos valores (Figura 2).



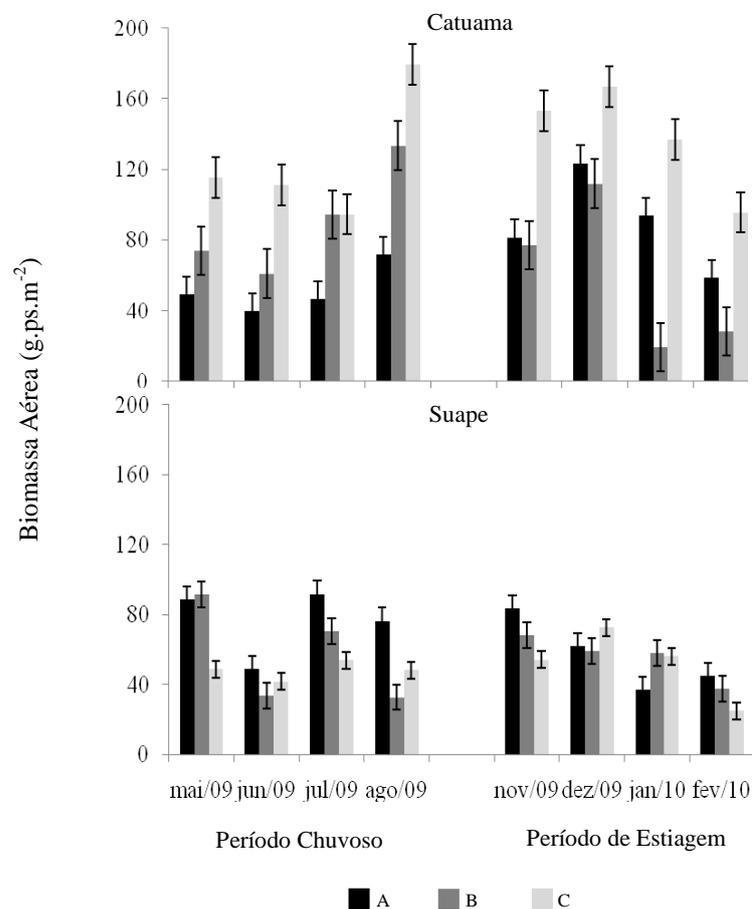
**Figura 2.** Valores médios/transecto da densidade de hastes (hastes.m<sup>-2</sup>) de *Halodule wrightii*, nas praias de Catuama e Suape, litoral de Pernambuco (Brasil), durante os períodos chuvoso (Maio/09 a Ago/09) e de estiagem (Nov/09 a Fev/10).

### Biomassa de *Halodule wrightii*

Para a biomassa aérea foi registrado valor médio mínimo em SB no período chuvoso (48.14±2.52 g.ps.m<sup>-2</sup>) e máximo em CB no período de estiagem (138.25±15.46 g.ps.m<sup>-2</sup>) (Tabela 1), com diferenças significativas entre as populações (F=17.05; p<0.001), e sem variação sazonal (CB - F=0.10; p=0.755 e SB - F=0.14; p=0.708). As biomassas aérea e subterrânea exibiram correlação fraca ou negativa para os parâmetros físico-químicos da água (Tabela 2 e 3).

Em CB a biomassa aérea variou entre 19.24 g.ps.m<sup>-2</sup> (B, período de estiagem) a 179.51 g.ps.m<sup>-2</sup> (C, período chuvoso), sendo verificadas diferenças significativas entre os transectos (F=10.13; p<0.001). A tendência da biomassa aérea nesta praia foi a de apresentar menores valores no transecto A, aumentando em direção ao C, com exceção dos meses de jan/10 e fev/10 (Figura 3).

Já em SB a biomassa aérea variou entre 24.76 g.ps.m<sup>-2</sup> (C, período de estiagem) a 91.60 g.ps.m<sup>-2</sup> (C, período chuvoso), não havendo diferenças significativas entre os transectos (F=1.14; p=0.326). A biomassa aérea não apresentou um padrão definido, já que os valores oscilaram dentro e entre transectos (Figura 3).



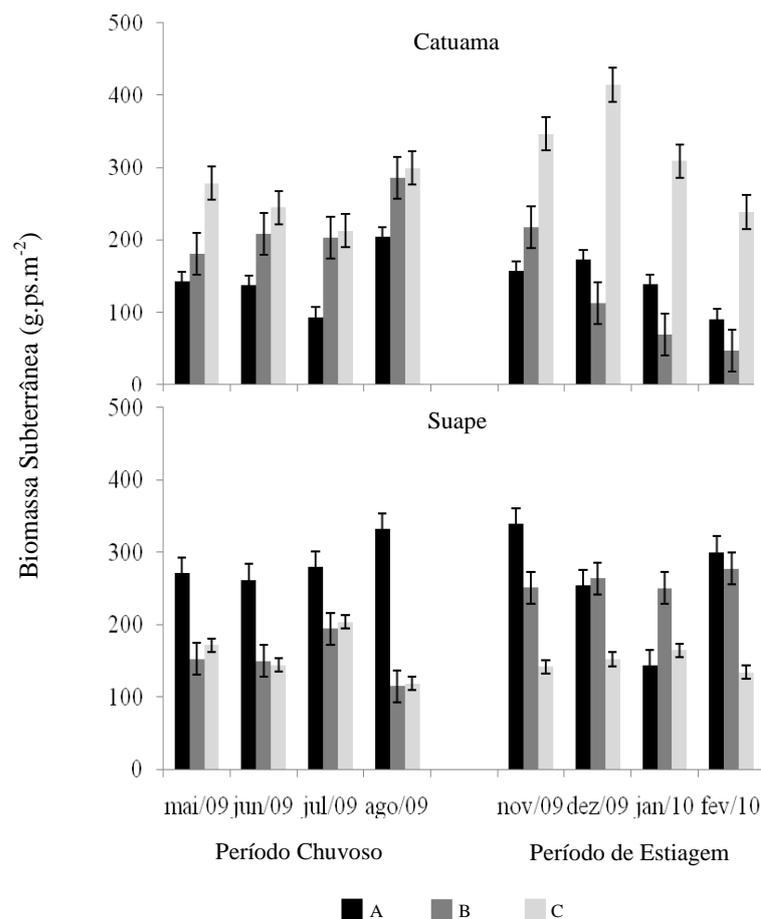
**Figura 3.** Valores médios/transecto da biomassa aérea de *Halodule wrightii*, nas praias de Catuama e Suape, litoral de Pernambuco (Brasil), durante os períodos chuvoso (Maio/09 a Ago/09) e de estiagem (Nov/09 a Fev/10).

A biomassa subterrânea média não apresentou diferenças significativas entre as populações (F=0.17; p=0.683), apresentando tanto o menor ( $111.46 \pm 37.89$  g.ps.m<sup>-2</sup>) quanto o maior valor ( $327.15 \pm 36.72$  g.ps.m<sup>-2</sup>) para CB no período de estiagem (Tabela 1). Não sendo

verificada diferenças significativas sazonais para as populações (**CB** -  $F=1.82$ ;  $p=0.182$  e **SB** -  $F=1.73$ ;  $p=0.193$ ).

CB apresentou valores de biomassa subterrânea variando entre  $46.43 \text{ g.ps.m}^{-2}$  (B, período de estiagem) a  $414.44 \text{ g.ps.m}^{-2}$  (C, período de estiagem), com diferenças significativas entre os transectos ( $F=17.86$ ;  $p<0.001$ ). De uma maneira geral a biomassa subterrânea foi menor no transecto A e aumentou em direção ao C, tanto no período chuvoso quanto no de estiagem (Figura 4).

Para SB os valores médios de biomassa subterrânea variaram entre  $114.44 \text{ g.ps.m}^{-2}$  (B, período chuvoso) a  $339.13 \text{ g.ps.m}^{-2}$  (A, período chuvoso), sendo verificadas diferenças significativas entre os transectos ( $F=5.38$ ;  $p=0.007$ ). Os maiores valores foram registrados para o transecto A e B (período de estiagem), com os menores valores sendo verificados em direção ao B e C (Figura 4).



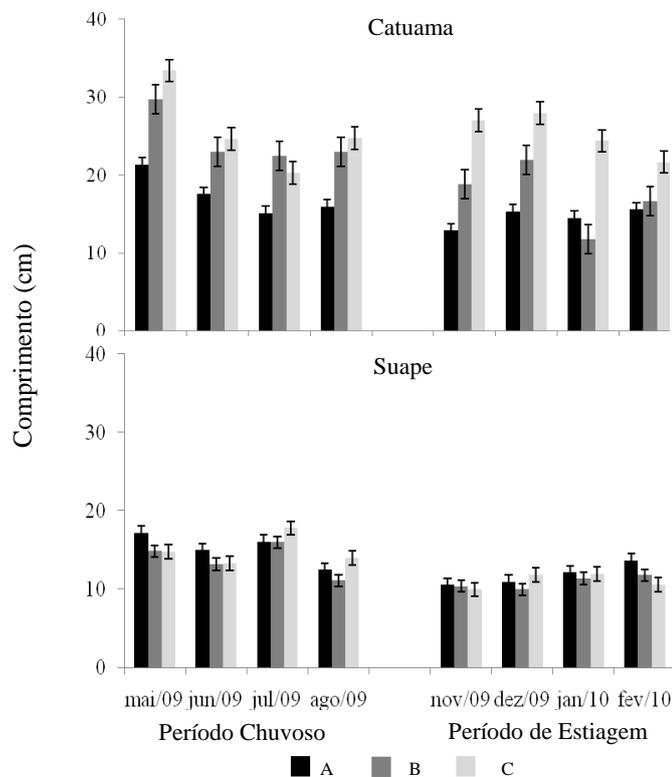
**Figura 4.** Valores médios/transecto da biomassa subterrânea de *Halodule wrightii*, nas praias de Catuama e Suape, litoral de Pernambuco (Brasil), durante os períodos chuvoso (Maio/09 a Ago/09) e de estiagem (Nov/09 a Fev/10).

### Comprimento foliar de *Halodule wrightii*

O comprimento foliar médio de *H. wrightii* variou significativamente entre as populações ( $F=141.92$ ;  $p<0.001$ ), com valor mínimo ( $10.88\pm 0.42$  cm) registrado para SB no período de estiagem, e máximo ( $25.76\pm 2.75$  cm) para CB no período chuvoso (Tabela 1). Sendo verificadas diferenças significativas sazonais para as populações (**CB** -  $F=10.76$ ;  $p=0.002$  e **SB** -  $F=34.65$ ;  $p<0.001$ ). O comprimento foliar exibiu correlação fraca ou negativa para os parâmetros físico-químicos da água (Tabela 2 e 3).

O comprimento foliar para CB variou entre 11.81 cm (B, período de estiagem) a 33.41 cm (C, período chuvoso), com diferenças significativas entre os transectos ( $F=19.72$ ;  $p<0.001$ ). De uma maneira geral, o comprimento foliar tendeu a valores menores no transecto A, aumentando em direção ao C (Figura 5).

Para SB o comprimento foliar variou entre 9.95 cm (C, período estiagem) a 17.79 cm (C, período chuvoso), não sendo observadas diferenças significativas entre os transectos ( $F=2.05$ ;  $p=0.137$ ). Em geral, os maiores valores foram registrados no período chuvoso e os menores, no período de estiagem para todos os transectos (Figura 5).



**Figura 5.** Valores médios/transecto do comprimento foliar (cm) de *Halodule wrightii*, nas praias de Catuama e Suape, litoral de Pernambuco (Brasil), durante os períodos chuvoso (Maio/09 a Ago/09) e de estiagem (Nov/09 a Fev/10).

**Tabela 1.** Valores médios, mínimos e máximos registrados para os parâmetros abióticos e bióticos analisados em Catuama e Suape, litoral de Pernambuco (Brasil), durante os períodos chuvoso (maio/09 a ago/09) e o de estiagem (nov/09 a fev/10).

Variáveis	Catuama						Suape					
	A		B		C		A		B		C	
	PC	PE	PC	PE	PC	PE	PC	PE	PC	PE	PC	PE
Temperatura (°C)	26.60 – 29.67 (28.30 ± 0.71)	31.00 – 34.47 (32.66 ± 0.73)	26.83 – 30.00 (28.43 ± 0.78)	30.67 – 32.16 (31.62 ± 0.33)	27.00 – 30.00 (28.39 ± 0.77)	30.33 – 32.16 (31.12 ± 0.47)	26.27 – 29.17 (27.98 ± 0.68)	30.00 – 30.50 (30.13 ± 0.13)	27.10 – 28.70 (28.13 ± 0.36)	28.67 – 30.00 (29.38 ± 0.29)	26.27 – 28.00 (27.55 ± 0.43)	29.00 – 29.60 (29.28 ± 0.16)
Salinidade	31.98 – 34.05 (33.31 ± 0.47)	34.81 – 36.69 (36.11 ± 0.44)	32.43 – 35.27 (33.78 ± 0.62)	34.90 – 37.35 (36.16 ± 0.52)	32.70 – 35.26 (33.98 ± 0.55)	35.00 – 37.27 (36.21 ± 0.46)	33.78 – 36.52 (35.02 ± 0.68)	34.49 – 37.15 (36.08 ± 0.57)	33.33 – 36.07 (34.77 ± 0.70)	34.22 – 37.15 (35.94 ± 0.62)	33.97 – 36.61 (35.17 ± 0.68)	34.31 – 37.06 (35.91 ± 0.58)
O <sub>2</sub> Dissolvido (ml.L <sup>-1</sup> )	4.46 – 9.78 (7.87 ± 1.19)	6.78 – 9.68 (8.85 ± 0.69)	5.78 – 9.16 (8.26 ± 0.83)	7.00 – 8.91 (8.36 ± 0.46)	6.54 – 8.35 (7.68 ± 0.41)	6.37 – 8.08 (7.18 ± 0.41)	6.47 – 8.73 (7.62 ± 0.60)	3.19 – 6.87 (5.35 ± 0.79)	6.17 – 7.73 (7.07 ± 0.37)	2.68 – 5.82 (4.83 ± 0.72)	5.46 – 7.67 (6.27 ± 0.48)	3.56 – 5.99 (4.92 ± 0.51)
MPS (mg.L <sup>-1</sup> )	7.70 – 43.23 (28.75 ± 7.50)	8.47 – 30.25 (15.14 ± 5.11)	7.10 – 62.67 (27.03 ± 12.70)	6.70 – 10.36 (8.38 ± 0.88)	7.50 – 26.77 (19.66 ± 4.46)	4.93 – 7.43 (6.39 ± 0.53)	2.70 – 37.82 (16.54 ± 7.81)	3.74 – 11.96 (7.76 ± 2.15)	1.10 – 28.55 (17.32 ± 6.53)	4.79 – 9.00 (6.84 ± 0.87)	2.85 – 49.67 (25.43 ± 9.86)	4.13 – 10.08 (6.49 ± 1.39)
NO <sub>2</sub> (µmol.L <sup>-1</sup> )	0.030 – 0.71 (0.055 ± 0.009)	0.021 – 0.068 (0.048 ± 0.011)	0.035 – 0.072 (0.054 ± 0.009)	0.012 – 0.043 (0.028 ± 0.006)	0.028 – 0.092 (0.047 ± 0.015)	0.018 – 0.063 (0.034 ± 0.010)	0.001 – 0.025 (0.011 ± 0.005)	0.001 – 0.011 (0.005 ± 0.003)	0.001 – 0.025 (0.010 ± 0.006)	0.001 – 0.038 (0.013 ± 0.009)	0.001 – 0.026 (0.014 ± 0.005)	0.001 – 0.53 (0.019 ± 0.012)
NO <sub>3</sub> (µmol.L <sup>-1</sup> )	0.238 – 2.224 (0.765 ± 0.487)	0.208 – 1.068 (0.549 ± 0.207)	0.151 – 1.967 (0.737 ± 0.415)	0.262 – 1.186 (0.558 ± 0.216)	0.204 – 0.619 (0.425 ± 0.091)	0.284 – 1.045 (0.610 ± 0.177)	0.288 – 1.077 (0.624 ± 0.174)	0.172 – 0.359 (0.237 ± 0.042)	0.347 – 1.330 (0.633 ± 0.234)	0.152 – 0.327 (0.236 ± 0.039)	0.262 – 0.697 (0.399 ± 0.101)	0.087 – 0.325 (0.240 ± 0.053)
PO <sub>4</sub> (µmol.L <sup>-1</sup> )	0.028 – 0.115 (0.086 ± 0.020)	0.084 – 0.246 (0.142 ± 0.038)	0.019 – 0.108 (0.064 ± 0.023)	0.032 – 0.107 (0.071 ± 0.015)	0.031 – 0.079 (0.051 ± 0.010)	0.012 – 0.071 (0.042 ± 0.014)	0.001 – 0.026 (0.012 ± 0.006)	0.001 – 0.154 (0.044 ± 0.037)	0.004 – 0.029 (0.020 ± 0.006)	0.001 – 0.055 (0.016 ± 0.013)	0.001 – 0.062 (0.021 ± 0.014)	0.007 – 0.054 (0.030 ± 0.013)
Densidade (hastes.m <sup>-1</sup> )	1665 – 3316 (2259 ± 370)	4819 – 6971 (5903 ± 617)	1459 – 3537 (2301 ± 455)	630 – 2587 (1541 ± 516)	2712 – 4525 (3489 ± 458)	2255 – 4289 (3143 ± 424)	4259 – 5910 (5230 ± 356)	3066 – 7546 (4652 ± 1014)	4105 – 4937 (4504 ± 170)	7222 – 8091 (7594 ± 202)	3935 – 5601 (4727 ± 380)	4127 – 6278 (5085 ± 445)
Biom. Aérea (g.ps.m <sup>-2</sup> )	39.64 – 71.77 (51.80 ± 6.96)	58.66 – 123.51 (89.39 ± 13.51)	61.02 – 133.38 (90.68 ± 15.80)	19.24 – 111.94 (59.11 ± 21.72)	94.62 – 179.51 (125.20 ± 18.65)	95.65 – 166.98 (138.25 ± 15.46)	48.79 – 91.60 (76.36 ± 9.77)	37.07 – 83.42 (56.89 ± 10.26)	32.65 – 91.41 (56.97 ± 14.45)	37.44 – 68.09 (55.64 ± 6.48)	41.64 – 53.94 (48.14 ± 2.52)	24.76 – 72.59 (51.90 ± 9.94)
Biom. Sub. (g.ps.m <sup>-2</sup> )	93.54 – 203.83 (144.35 ± 22.67)	90.79 – 172.44 (139.61 ± 17.70)	180.25 – 285.48 (219.33 ± 22.89)	46.43 – 217.24 (111.46 ± 37.89)	212.82 – 299.48 (258.84 ± 19.03)	238.46 – 414.44 (327.15 ± 36.72)	261.90 – 332.64 (286.29 ± 15.88)	143.62 – 339.13 (259.34 ± 42.28)	114.44 – 194.10 (152.61 ± 16.29)	250.55 – 277.22 (260.64 ± 6.30)	118.05 – 203.39 (159.19 ± 18.35)	134.05 – 164.33 (147.95 ± 6.58)
Biom. Total (g.ps.m <sup>-2</sup> )	139.96 – 275.60 (196.15 ± 28.65)	149.44 – 295.94 (228.99 ± 30.15)	254.23 – 418.86 (310.00 ± 37.35)	74.61 – 294.32 (168.96 ± 54.29)	307.44 – 478.99 (384.04 ± 36.24)	334.11 – 581.42 (465.39 ± 51.84)	307.15 – 408.98 (361.77 ± 21.04)	180.69 – 422.54 (316.23 ± 50.43)	147.09 – 264.40 (200.33 ± 24.61)	308.32 – 322.91 (316.28 ± 3.14)	166.24 – 257.33 (200.29 ± 20.13)	156.23 – 224.54 (199.21 ± 15.67)
Comprimento (cm)	15.09 – 21.32 (17.47 ± 1.38)	12.87 – 15.56 (14.55 ± 0.61)	22.45 – 29.74 (24.55 ± 1.74)	11.81 – 21.92 (17.30 ± 2.12)	20.26 – 33.41 (25.76 ± 2.75)	21.66 – 27.99 (25.26 ± 1.42)	12.44 – 17.17 (15.16 ± 1.01)	10.54 – 13.66 (11.81 ± 0.70)	11.11 – 15.97 (13.78 ± 1.06)	9.98 – 11.78 (10.88 ± 0.42)	13.27 – 17.79 (14.95 ± 0.99)	9.95 – 11.89 (11.06 ± 0.48)

A = Transecto A; B = Transecto B; C = Transecto C; PC = Período Chuvoso; PE = Período de Estiagem.

**Tabela 2.** Valores de R<sup>2</sup>, produto da Correlação de Pearson entre os parâmetros abióticos e bióticos registrados em Catuama, Pernambuco (Brasil), durante os períodos chuvoso (maio/09 a ago/09) e o de estiagem (nov/09 a fev/10).

	T°	Sal	OD	MPS	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>
T°	1						
Sal	0.7942	1					
OD	0.1279	-0.0587	1				
MPS	-0.2930	-0.3839	-0.0565	1			
NO <sub>2</sub>	0.0395	-0.2469	0.0614	0.4858	1		
NO <sub>3</sub>	-0.1513	-0.3482	0.2992	-0.1647	-0.0396	1	
PO <sub>4</sub>	0.2342	0.0492	0.4134	0.2665	0.2726	0.2115	1
DENS	0.2941	0.3355	0.0209	-0.0334	-0.1471	-0.1311	0.2081
BA	0.1357	0.3076	0.0274	-0.1751	0.0072	-0.1471	-0.1610
BS	-0.0699	0.0670	-0.0936	-0.1772	0.0256	-0.0015	-0.2668
COMP	-0.2050	-0.0852	-0.2461	-0.0039	0.1966	-0.0125	-0.3436

SAL=Salinidade; OD=Oxigênio Dissolvido; MPS=Material Particulado em Suspensão; DENS=Densidade; BA=Biomassa Aérea; BS=Biomassa Subterrânea; COMP=Comprimento Foliar

**Tabela 3.** Valores de R<sup>2</sup>, produto da Correlação de Pearson entre os parâmetros abióticos e bióticos registrados em Suape, Pernambuco (Brasil), durante os períodos chuvoso (maio/09 a ago/09) e o de estiagem (nov/09 a fev/10).

	T°	Sal	OD	MPS	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>
T°	1						
Sal	0.1252	1					
OD	-0.4623	-0.3473	1				
MPS	-0.5400	-0.4553	0.3245	1			
NO <sub>2</sub>	-0.0438	-0.2857	0.0085	0.2153	1		
NO <sub>3</sub>	0.0377	-0.2459	0.3855	-0.0743	-0.0708	1	
PO <sub>4</sub>	0.1758	-0.3816	0.0087	0.1873	0.1939	0.1022	1
DENS	0.0238	0.2304	-0.0409	-0.0851	-0.1554	-0.0060	-0.2684
BA	-0.1739	0.1272	0.2035	0.1488	-0.0960	-0.0145	-0.1763
BS	0.0829	0.0575	0.1075	0.0253	-0.0804	0.0772	0.0902
COMP	-0.5481	-0.3654	0.3603	0.5114	0.0083	0.0744	0.0237

SAL=Salinidade; OD=Oxigênio Dissolvido; MPS=Material Particulado em Suspensão; DENS=Densidade; BA=Biomassa Aérea; BS=Biomassa Subterrânea; COMOP=Comprimento Foliar

## DISCUSSÃO

Os valores de densidade de hastes para o presente estudo foram relativamente baixos quando comparados a outros registros para o litoral do Brasil (Creed, 1999; Magalhães *et al.*, 2011 and Reis *et al.*, 2011, *ambos em prep.*), com exceção de Magalhães *et al.* (2003), que encontraram para Suape valores semelhantes aos registrados para este estudo. Quando comparado os valores obtidos com o de regiões subtropicais, estes foram considerados mais baixos que os registrados por Dunton (1994, 1996) - Texas e por Hauxwell *et al.* (2001) – Península de Yucatan. Contudo, foram considerados mais elevados em relação aos prados estudados por de Boer (2000) - Ilha de Inhaca, e por Kowalski, DeYoe e Allison (2009) - Texas.

Os valores de biomassa total registrados neste estudo foram elevados quando comparados com os de outros estudos no Brasil (Creed, 1999; Magalhães *et al.*, 2003; Magalhães, Eskinazi-Leça e Moura Junior, 1997; Oliveira *et al.*, 1997), com exceção dos valores encontrados por Reis *et al.*

(2011, *em prep.*). Quando comparados a populações em outros países, a biomassa é semelhante à registrada no litoral do Texas por Burd and Dunton (2001) e, maior do que a verificada por de Boer (2000) e Dunton (1994).

A biomassa aérea e subterrânea em CB apresentaram menores valores no transecto A, aumentando em direção ao último transecto. Resultado semelhante foi observado para *H. wrightii* na Ilha de Itamaracá, litoral norte do estado de Pernambuco por Magalhães, Eskinazi-Leça e Moura Junior (1997), onde os autores verificaram um gradiente crescente dos valores de biomassa das plantas localizadas próxima à costa em direção às áreas submersas, concluindo que a biomassa pode variar de acordo com as condições locais, evidenciando que *H. wrightii* é sensível a dessecação, se desenvolvendo melhor nos locais permanentemente imersos. Tal fato pôde ser evidenciado durante o período de estudo para as duas populações, onde as plantas localizadas no transecto A permaneciam emersas durante o horário da baixamar. Entretanto, segundo Jensen e Bell (2001), esse padrão com elevados valores de biomassa no interior da mancha pode ser um indicativo de uma maior disponibilidade de recursos no centro do prado para *H. wrightii* ou uma diminuição na remoção de biomassa pela ação das ondas.

O comprimento foliar para *H. wrightii* registrados neste estudo foram baixos em relação aos obtidos por Magalhães, Eskinazi-Leça e Moura Junior (1997), em Itamaracá/PE, e considerados elevados quando comparados aos valores registrados por Magalhães *et al.* (2003), em Suape/PE. Ao comparar com estudos realizados em outras áreas subtropicais, os presentes valores se caracterizam por serem mais elevados aos registrados por de Boer (2000) em Moçambique, e por Kowalski, DeYoe e Allison (2009) no Texas, e aproximados aos encontrados por Martinez-Daranas (2002) em Cuba.

CB apresentou tendência semelhante à verificada em pradões de *H. wrightii* por Magalhães, Eskinazi-Leça e Moura Junior (1997), que observaram folhas maiores e mais largas nos locais permanentemente imersos e os menores comprimentos registrados nos locais mais rasos, o que também foi verificado visualmente. De acordo com estes autores, o menor tamanho da planta é resultado da influência das marés, ondas e insolação, influenciando as condições locais no desenvolvimento da planta.

Cabello-Pasini, Muñoz-Salazar e Ward (2003), sugerem que um maior comprimento das folhas é uma resposta aos baixos níveis de penetração da luz, onde as plantas precisam alongar suas folhas em direção à camada superior mais iluminada. Esta resposta pode ser diferente para cada espécie das angiospermas marinhas, que podem apresentar respostas fisiológicas e morfológicas distintas em relação à disponibilidade da luz na coluna d'água (Gordon *et al.*, 1994; Longstaff e Dennison, 1999), bem como das interações com os fatores ambientais (Lee, Park e Kim, 2007).

No presente estudo, apesar de não ter sido verificada uma variação sazonal acentuada na densidade de hastes, a diferença entre os dois períodos foi considerada significativa, o que está de acordo com outros estudos realizados para *H. wrightii* (de Boer, 2000; Kowalsky, DeYoe e Allison, 2009; Short *et al.*, 2006). Kowalsky, DeYoe e Allison (2009), no seu estudo em área subtropical, verificaram que a temperatura explica a maior parte da variabilidade na produção de hastes e menor crescimento no inverno, estando o crescimento de hastes correlacionado positivamente com a salinidade e a temperatura. Entretanto, a densidade de hastes para as duas populações aqui estudadas, exibiu fraca correlação com a temperatura e salinidade, em decorrência da pouca variabilidade sazonal destes parâmetros, devido a que *H. wrightii* é uma espécie característica de regiões de baixas latitudes, onde as temperaturas são elevadas, com pequena variação sazonal (Kain, 1989). Segundo Lee, Park e Kim (2007), as espécies que ocorrem em regiões de baixas latitudes exibem temperaturas ideais de crescimento (23°C a 32°C), o que é consistente com a temperatura registrada para o presente estudo (26.1°C a 34.9°C).

Nesta pesquisa, também não ficou evidenciado um padrão sazonal dos valores de biomassa aérea e subterrânea para as populações estudadas, como constatado em populações de *H. wrightii* por Corbisier (1994), Dunton (1994), Oliveira *et al.* (1997) e Short *et al.* (2006), que registraram os maiores valores de biomassa durante o verão. Os estudos indicam que essa sazonalidade na biomassa está relacionada tanto à temperatura (Corbisier, 1994; Kowalsky, DeYoe e Allison, 2009; Oliveira *et al.*, 1997) quanto à dinâmica dos sedimentos (Short *et al.*, 2006). Entretanto, no presente estudo, mesmo tendo sido registrada diferença sazonal entre as populações, a biomassa apresentou correlação fraca ou negativa com a temperatura.

De acordo com Cabaço, Machás e Santos (2007), os nutrientes são considerados como requerimentos básicos para o crescimento e desenvolvimento de plantas, onde a variação na disponibilidade desses pode resultar em alterações na fisiologia e morfologia das plantas, e conseqüentemente, em alterações na estrutura da população. E, embora os nutrientes possam limitar o crescimento das angiospermas marinhas, o excesso desses na coluna d'água pode ter efeitos nocivos sobre a estrutura e o funcionamento desses ecossistemas (Lee e Dunton, 2000). A entrada de matéria orgânica no ambiente provoca um aumento na biomassa fitoplanctônica (McMahon *et al.*, 1997; Walker e McComb, 1992) e de algas epífitas, resultando em uma redução na penetração de luz e na concentração de oxigênio dissolvido (Huang *et al.*, 2006), uma das causas do declínio dessas plantas (Giesen, van Katwijk e den Hartog, 1990).

Houston e McNamara (1992) sugerem ainda que, tais variações morfológicas são uma resposta adaptativa dos organismos que ocorrem em ambientes heterogêneos, permitindo que esses maximizem a aquisição de recursos a níveis imprevisíveis ou como resposta à alteração na disponibilidade de recursos, como registrado para *Zostera noltii* (Peralta *et al.*, 2006). No entanto,

fatores físicos e bióticos podem apresentar diferentes graus de influência em diferentes tipos de prados de angiospermas marinhas (Borg *et al.*, 2005) e, segundo Jensen e Bell (2001), essas respostas internas que induzem a um padrão e a uma plasticidade morfológica em angiospermas marinhas podem ser consideravelmente mais complexas, ou menos compreendidas, do que aquelas verificadas para outros organismos.

Com os resultados deste estudo, pode-se concluir que as variações nas características morfológicas dentro e entre as populações de *H. wrightii* para Pernambuco, refletem diferenças nas condições ambientais para as áreas, não abordadas no estudo ou ainda desconhecidas. Além disso, já foi constatado que os prados de *H. wrightii* são altamente produtivos durante todo o ano (Magalhães, 2011, *em prep.*) na costa de Pernambuco, fazendo-se necessário à continuidade de estudos que enfoquem outras variáveis ambientais (por ex. qualidade do sedimento, hidrodinâmica), para uma melhor compreensão dos fatores que influenciam o desenvolvimento desta espécie.

### AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão de bolsa de mestrado. Os autores agradecem ainda a Antônio Castro, Bárbara Barkokébas, Cássio Rafael, David Freire, Fabiana Aguiar, Felipe Gaspar, Gilson Alves, Josiane Gomes, Keyla Travassos, Laura Laranjeira, Thayse Batista, Thiago Nogueira e William Fernandes pela valiosa assistência no trabalho de campo e/ou de laboratório.

### LITERATURA CITADA

Andrade, G.O. and Lins, R.C., 2005. Os climas do Nordeste. *In: Vasconcelos Sobrinho, J. As regiões naturais do Nordeste, o meio e a civilização*. Recife: CONDEPE, pp. 95-18.

Baumgarten, M.daG.Z.B.; Niencheski, L.F.H., and Wallner-Kersanach, M., 2010. *Manual de análises em oceanografia química*. Rio Grande: FURG, 132p.

de Boer, W.F., 2000. Biomass dynamics of seagrasses and the role of mangrove and seagrass vegetation as different nutrient sources for an intertidal ecosystem. *Aquatic Botany*, 66, 225-239.

Borg, J.A.; Attrill, M.J.; Rowden, A.A.; Schembri, P.J., and Jones, M.B., 2005. Architectural characteristics of two bed types of the seagrass *Posidonia oceanica* over different spatial scales. *Estuaries, Coastal and Shelf Science*, 62, 667-678.

Burd, A.B. and Dunton, K.H., 2001. Field verification of a light-driven model of biomass changes in the seagrass *Halodule wrightii*. *Marine Ecology Progress Series*, 209, 85-98.

Cabaço, S.; Machás, R., and Santos, R., 2007. Biomass-density relationships of the seagrass *Zostera noltii*: A tool for monitoring anthropogenic nutrient disturbance. *Estuaries, Coastal and Shelf Science*, 74, 557-564.

Cabello-Pasini, A.; Muñoz-Salazar, R., and Ward, D.H., 2003. Annual variations of biomass and photosynthesis in *Zostera marina* at its southern end of distribution in the North Pacific. *Aquatic Botany*, 76, 31-47.

Constanza, R.; d'Arge, R.; Groot, R. de; Farber, S.; Grasso, M.; Hannon, B.; Limburg, K.; Naeem, S.; O'Neill, R.V.; Paruelo, J.; Raskin, R.G.; Sutton, P., and Belt, M.van den., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253-260.

Corbisier, T.N., 1994. Macrozoobentos da Praia do Codó (Ubatuba, SP) e a presença de *Halodule wrightii* Ascherson. *Boletim do instituto de Oceanografia de São Paulo*, 42(1/2), 99-111.

Creed, J. C. 1997. Distribution, seasonal abundance and shoot size of the seagrass *Halodule wrightii* near its southern limit at Rio de Janeiro state, Brazil. *Aquatic Botany*, 65, 47-58.

Creed, J.C., 1999. Distribution, seasonal abundance and shoot size of the seagrass *Halodule wrightii* near its southern limit at Rio de Janeiro state, Brazil. *Aquatic Botany*, 65, 47-58.

Duarte, C.M. and Kirkman, H., 2001. Methods for the measurement of seagrass abundance and depth distribution. In: Short, F. and Coles, R. (eds.). *Global Seagrass Research Methods*, Elsevier: New York, pp. 141-154.

Dunton, K.H., 1994. Seasonal growth and biomass of the subtropical seagrass *Halodule wrightii* in relation to continuous measurements of underwater irradiance. *Marine Biology*, 120, 479-489.

- Dunton, K.H., 1996. Photosynthetic production and biomass of the subtropical seagrass *Halodule wrightii* along an estuarine gradient. *Estuaries*, 19(2B), 436-447.
- Giesen, W.B.J.T.; van Katwijk, M.M., and den Hartog, C., 1990. Eelgrass condition and turbidity in the Dutch Wadden Sea. *Aquatic Botany*, 37, 71-85.
- Gordon, D.M.; Grey, K.A.; Chase, S.C., and Simpson, C.J., 1994. Changes to the structure and productivity of a *Posidonia sinuosa* meadow during and after imposed shading. *Aquatic Botany*, 47, 265-275.
- Grasshoff, K.; Ehrhardt, M., and Kremling, K., 1983. *Methods of seawater analysis*. 2 ed. Verlag Chemie: New York, 317p.
- Hauxwell, J.; Cebrián, J.; Herrera-Silveira, J.A.; Ramírez, J.R.; Zaldiva, A.J.; Gomez, N., and Aranda-Cirerol, N., 2001. Measuring production of *Halodule wrightii*: additional evidence suggests clipping underestimates growth rate. *Aquatic Botany*, 69, 41-54.
- Hemminga, M.A. and Duarte, C.M., 2000. *Seagrass Ecology*. Cambridge University Press, 298p.
- Houston, A.I. and McNamara, J.M., 1992. Phenotypic plasticity as a state-dependent life-history decision. *Evolutionary Ecology*, 6, 243-253.
- Huang, X.; Huang, L.; Li, Y.; Xu, Z.; Fong, C.W.; Huang, D.; Han, Q.; Huang, H.; Tan, Y., and Liu, S., 2006. Main seagrass beds and threats to their habitats in the coastal sea of South China. *Chinese Science Bulletin*, 51(Supp. II), 136-142.
- Jensen, S. and Bell, S., 2001. Seagrass growth and patch dynamics: cross-scale morphological plasticity. *Plant Ecology*, 155, 201-217.
- Jones, C.G.; Lawton, J.H., and Shachak, M., 1994. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos*, 69, 373-386.
- Kain, J.M., 1989. The seasons in the subtida. *British Phycological Journal*, 24, 203-215.

Koch, E.W. and Beer, S., 1996. Tides, light and the distribution of *Zostera marina* in Long Island Sound, USA. *Aquatic Botany*, 53, 97-107.

Kowalski, J.L.; DeYoe, H.R., and Allison, T.C., 2009. Seasonal production and biomass of the seagrass, *Halodule wrightii* Aschers. (Shoal Grass), in a subtropical Texas Lagoon. *Estuaries and Coasts*, 32, 467-482.

Laboratório de Meteorologia de Pernambuco (LAMEPE). URL: <http://www.itep.br/LAMEPE.asp>; acessado em Dezembro, 2010.

Lee, K.S. and Dunton, K.H., 2000. Effects of nitrogen enrichment on biomass allocation, growth, and leaf morphology of the seagrass *Thalassia testudinum*. *Marine Ecology Progress Series*, 196, 39-48.

Lee, K.S.; Park, S.R., and Kim, Y.K., 2007. Effects of irradiance, temperature, and nutrients on growth dynamics of seagrasses: a review. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 350, 144–175.

Longstaff, B.J. and Dennison, W.C., 1999. Seagrass survival during pulsed turbidity events: the effects of light deprivation on the seagrasses *Halodule pinifolia* and *Halophila ovalis*. *Aquatic Botany*, 65, 105–121.

Magalhães, K.M.; Cocentino, A.L.M.; Eskinazi-Leça, E.; Fernandes, M. L.B.; Reis, T.N.V.; Guimarães, N.C.L., and Rodrigues, H.S., 2003. Seagrass meadows at the Suape Port area, Pernambuco, Brazil. *Proceedings of the Brazil's Congress of Ecology* (Fortaleza, Ceará), pp. 334-335.

Magalhães, K.M.; Eskinazi-Leça, E., and Moura Junior, A.M., 1997. Biomassa e morfometria da fanerógama marinha *Halodule wrightii* Ascherson no litoral norte de Pernambuco. *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco*, 25, 83-91.

Martínez-Daranas, B., 2002. Variaciones morfológicas de *Halodule wrightii* Ascherson (Cymodoceaceae) em Cuba. *Oceánides*, 17(2), 93-101.

McMahon, K.; Young, E.; Montgomery, S.; Cosgrove, J.; Wilshaw, J., and Walker, D.I., 1997. Status of a shallow seagrass system, Geographe Bay, south-western Australia. *Journal of Royal Society of Western Australia*, 80, 255-262.

Oliveira, E.C.; Corbisier, T.N.; Eston, V.R.de, and Ambrósio Junior, O., 1997. Phenology of seagrass (*Halodule wrightii*) bed on the southeast coast of Brazil. *Aquatic Botany*, 56(1), 25-33.

Oliveira-Filho, E.C.; Pirani, J.R., and Giuliet, A.M., 1983. The Brazilian Seagrass. *Aquatic Botany*, 16, 251-267.

Peralta, G.; Brun, F.G.; Pérez-Lloréns, J.L., and Bouma, T.J., 2006. Direct effects of current velocity on the growth, morphometry and architecture of seagrasses: a case study on *Zostera noltii*. *Marine Ecology Progress Series*, 327, 135–142.

Short, F.; Carruthers, T.; Dennison, W., and Waycott, M., 2007. Global seagrass distribution and diversity: A bioregional model. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 350, 3-20.

Short, F.; Koch, E.W.; Creed, J.C.; Magalhães, K.M.; Fernandez, E., and Gaeckle, J.L., 2006. SeagrassNet monitoring across the Americas: case studies of seagrass decline. *Marine Ecology*, 27, 277-289.

Strickland, J.D.H. and Parson, T.R., 1972. *A practical handbook of seawater analysis*. Ottawa, Ontario: Fisheries Research Board of Canada Bulletin, 167, 2nd Ed., 311p.

UNEP., 2007. *Guidelines for impact assessment on seagrass meadows*. United Nations Environment Programme. Mediterranean Action Plan, 44p.

Walker, D.J. and McComb, A.J., 1992. Seagrass degradation in Australian coastal waters. *Marine Pollution Bulletin*, 25,191-195.

## RESUMO

As angiospermas marinhas formam ecossistemas considerados como um dos mais valiosos em termos de serviços ecológicos prestados ao ambiente (abrigo, alimento, área de berçário), sendo consideradas como “engenheiras de ecossistemas” por terem a capacidade de modificar as

condições hidrológicas, físicas e geológicas dos ambientes onde ocorrem. As populações dessas plantas apresentam uma plasticidade morfológica, que lhes permite maximizar a aquisição de recursos em níveis imprevisíveis ou em resposta à alteração na disponibilidade de recursos. Com o objetivo de descrever e comparar populações de *Halodule wrightii* de áreas tropicais do Atlântico Sul, correlacionando com algumas propriedades físico-químicas da água, foram analisadas as principais características hidrológicas como, temperatura da água, salinidade, oxigênio dissolvido, material particulado em suspensão e nutrientes dissolvidos (nitrito, nitrato e fosfato). Para verificar a existência de diferenças estruturais entre as populações de *H. wrightii*, foram analisadas a densidade de hastes, a biomassa aérea e subterrânea e o comprimento foliar. Considerando-se os parâmetros analisados, as duas populações de *H. wrightii* estudadas apresentaram diferenças estruturais dentro e entre os prados. Estas variações nas características morfológicas em populações de *H. wrightii*, para Pernambuco, refletem diferenças específicas nas condições ambientais para cada área.

**Palavras-chave:** *Angiosperma marinha, Densidade, Biomassa, Comprimento foliar, Variação morfológica*

**Trabalho 2 - Relação entre a composição do sedimento e a angiosperma marinha *Halodule wrightii* Ascherson (capim agulha) em uma região tropical do Brasil**

**Maria Elisa Pitanga**

Programa de Pós-Graduação em Oceanografia / Universidade Federal de Pernambuco  
Av. Arquitetura, S/N, Cidade Universitária, Recife-Pernambuco, Brasil

**Manuel de Jesús Flores Montes**

Programa de Pós-Graduação em Oceanografia / Universidade Federal de Pernambuco  
Av. Arquitetura, S/N, Cidade Universitária, Recife/PE, Brasil

**Karine Matos Magalhães**

Departamento de Biologia / Universidade Federal Rural de Pernambuco  
R. Dom Manoel de Medeiros, S/N, Dois Irmãos, Recife/PE, Brasil

**Relação entre a composição do sedimento e a angiosperma marinha *Halodule wrightii* Ascherson (capim agulha) em uma região tropical do Brasil**

Maria Elisa Pitanga

Dept. de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, 50670-901, Brazil

Manuel de Jesús Flores Montes

Dept. de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, 50670-901, Brazil

Karine Matos Magalhães

Dept. de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, 52171-900, Brazil

Autor para correspondência: Maria Elisa Pitanga

melisapitanga@yahoo.com.br  
+81 21267218 / +81 88986090

**Resumo** Baseado na constatação de um padrão estrutural diferenciado da angiosperma marinha *Halodule wrightii* em áreas tropicais do nordeste brasileiro, o presente estudo teve como objetivo verificar a relação entre a composição do sedimento (tamanho do grão, teores de matéria orgânica, carbonato de cálcio e fósforo particulado), com o desenvolvimento dos prados de *H. wrightii* e os parâmetros estruturais da planta em duas populações no litoral do estado de Pernambuco-Brasil. Os sedimentos exibiram diferenças entre as duas áreas de estudo, em relação à composição e disponibilidade do fósforo particulado, com as maiores concentrações de fósforo sedimentar registradas para Catuama, estando diretamente relacionadas aos maiores percentuais de sedimentos finos nesta área. Com os resultados do presente estudo, conclui-se que a granulometria do sedimento foi o principal fator que influenciou na disponibilidade do fósforo sedimentar para *H. wrightii*, refletindo em variações estruturais das plantas.

**Palavras-chave:** Angiosperma marinha . Granulometria . Sedimento praiar . Fósforo sedimentar

## Introdução

As angiospermas marinhas obtêm seus nutrientes, principalmente, através do sedimento, enquanto que as demais plantas marinhas os adquirem diretamente da coluna d'água (Miller e Sluka 1999; ver Touchette e Burkholder 2000 para revisão). Isso se deve ao fato de que, diferentemente das macroalgas, as angiospermas marinhas possuem um sistema radicular desenvolvido, sendo capazes de absorver nutrientes tanto pelas folhas como pelo sistema de raízes (Granger e Lizumi 2001; Hemminga et al. 1991; Pérez-Lloréns e Niell 1995).

A disponibilidade de nitrogênio e fósforo, dois nutrientes essenciais (Erftemeyer e Middelburg 1993; Udy e Dennison 1997), é de grande importância para o desenvolvimento da planta. A dinâmica do fósforo em ambientes costeiros envolve um grande número de processos bióticos e abióticos (Lopez et al. 1996), existindo uma relação com as características do sedimento (ex. quantidade de areia ou lama, tamanho dos grãos) e a disponibilidade desses nutrientes para a planta. Essas características influenciam na geoquímica e na dinâmica microbiana dos nutrientes, configurando como um dos fatores que podem limitar o desenvolvimento das angiospermas marinhas (Capone 1982; Short 1987; Fourqurean et al. 1992; Murray et al. 1992; Perry e Dennison 1999; Holmer et al. 2001; Koch 2001).

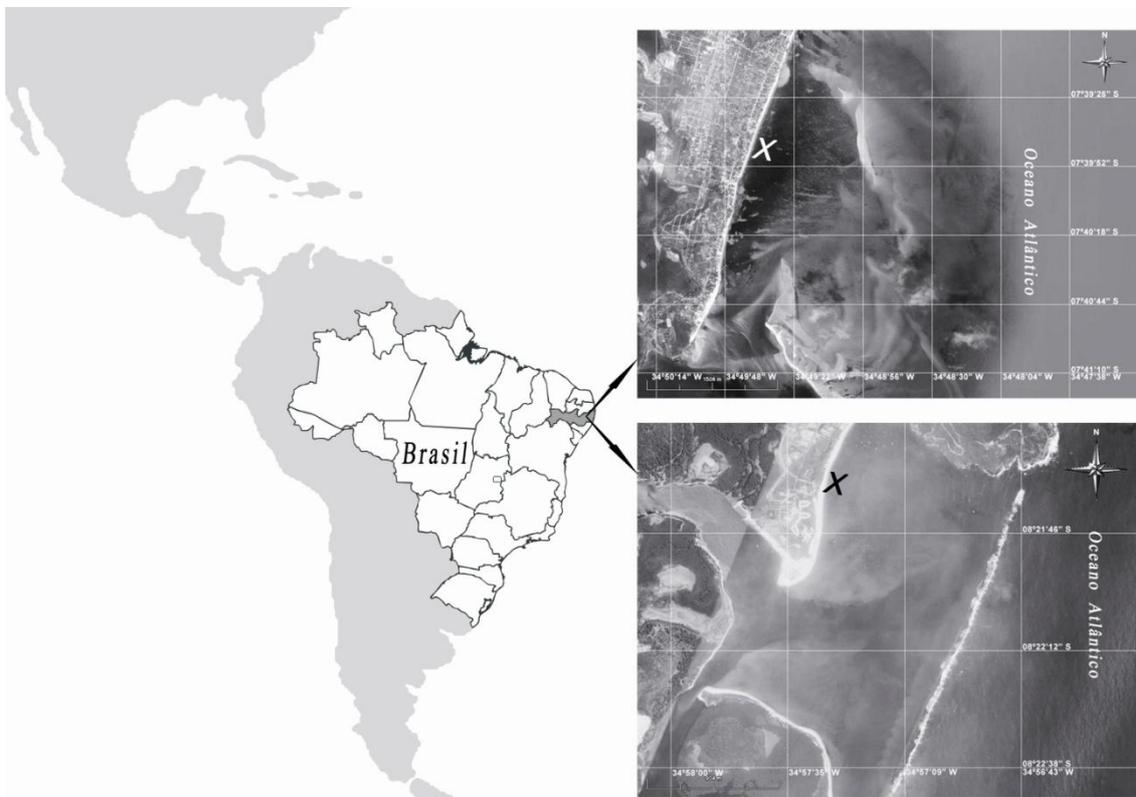
Em geral, a P-limitação, característica em ambientes tropicais, deve-se à composição carbonática dos sedimentos (Short 1987; Touchette e Burkholder 2000), através do qual ocorre a adsorção do fosfato inorgânico pelas partículas de carbonato de cálcio (Long et al. 2008). O inverso ocorre em áreas temperadas, as quais apresentam uma limitação de nitrogênio causada por sedimentos de composição terrígena ou arenosa (Short 1987; Touchette e Burkholder 2000).

Baseado na constatação de um padrão estrutural diferenciado da angiosperma marinha *Halodule wrightii* para o litoral de Pernambuco (Magalhães et al. 2011; Reis et al. 2011, ambos *em prep.*), o presente estudo pretende verificar a relação entre a composição do sedimento com o desenvolvimento dessas angiospermas marinhas no litoral de Pernambuco. Os resultados aqui apresentados serão inéditos para o Brasil, e irão complementar os dados existentes sobre a biologia e ecologia dessas plantas, subsidiando futuros programas de manejo e conservação desses ecossistemas.

## Métodos

### Área de Estudo

As áreas selecionadas para o estudo estão situadas na região tropical do nordeste do Brasil, no estado de Pernambuco, sendo uma na praia de Catuama – CB ( $7^{\circ}37'40,7''S$ ;  $34^{\circ}48'19,9''W$ ), e outra na praia de Suape – SB ( $8^{\circ}21'39,9''S$  e  $34^{\circ}57'20,7''W$ ) (Fig. 1). O clima da região é tropical úmido, caracterizado por duas estações: uma de estiagem, de setembro a fevereiro, e uma chuvosa, de março a agosto (Andrade e Lins 2005) e com precipitação pluviométrica anual superior a 1800 mm (Macedo et al. 2004). CB recebe influência continental de rios de pequeno porte (Catuama, Carrapicho, Botafogo), resultando em variação da salinidade de 22.5 a 36.6, caracterizando-se como um ambiente que varia entre o polihalino ao euhalino (Moura, 2009). SB também recebe a influência de rios com pouca vazão de água doce (Massangana e Tatuoca), alterados para a implantação de um porto, e menor variação salina (36,45 a 37,18), caracterizada como um ambiente euhalino (Koenig et al. 2002).



**Fig. 1** Área de estudo, destacando o estado de Pernambuco (Brasil) e os pontos de coleta (X) nas praias de Catuama - CB e Suape - SB. Fonte: Imagem de satélite obtida em agosto de 2010 do Google Earth, modificada por L. Cabanez.

### **Etapa de Campo**

Foram realizadas oito coletas de água, plantas e sedimentos, para cada praia, durante um ciclo sazonal, no horário de baixa-mar (marés < 0.4m), correspondente ao período chuvoso (maio a agosto de 2009) e ao período de estiagem (novembro de 2009 a fevereiro de 2010). Três transectos (A, B e C) foram estabelecidos para Catuama - CB e Suape - SB, com 50 m de comprimento cada, paralelos à costa, com distância de 50 m entre si, posicionados desde o início do mesolitoral (A) até uma área do prado onde a planta nunca fica descoberta (C). Todas as amostras foram coletadas em três pontos equidistantes (início – 0 m, meio – 25 m e fim – 50 m) em cada transecto.

Foram utilizadas garrafas oceanográficas para as coletas de água (n = 144), para análise dos nutrientes dissolvidos (Nitrito-N, Nitrato-N e Fosfato-P). Após as coletas, as amostras devidamente identificadas foram encaminhadas ao Laboratório de Oceanografia Química da Universidade Federal de Pernambuco (LOQuim/UFPE). Os dados mensais de pluviosidade foram obtidos no banco de dados do Laboratório de Meteorologia de Pernambuco (LAMEPE/ITEP).

As amostras de sedimento superficial (n = 144) para análise granulométrica, teor de matéria orgânica e de carbonato de cálcio, e das frações químicas do fósforo sedimentar, foram coletadas com o auxílio de um tubo coletor com 5 cm de diâmetro, e em seguida, o material devidamente etiquetado em sacos de plástico individuais foi encaminhado ao Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha da Universidade Federal de Pernambuco (LGGM/UFPE).

Para as coletas de *Halodule wrightii* (n = 432) foi utilizado um tubo coletor com 9.8 cm de diâmetro e o material devidamente etiquetado em sacos de plástico individuais foi encaminhado ao Laboratório de Ecossistemas Aquáticos da Universidade Federal Rural de Pernambuco (LEAqua/UFRPE).

### **Etapa de Laboratório**

Os nutrientes dissolvidos foram analisados utilizando a metodologia proposta por Strickland e Parsons (1972). A determinação da granulometria seguiu a metodologia de fracionamento por peneiramento úmido descrita por Suguio (1973). Os resultados foram representados em unidades de Phi ( $\Phi$ ), pela escala proposta por Wentworth, sendo os fragmentos classificados de acordo com as proporções de cascalho (<math>\Phi = 4.096</math> a 2 mm),

areia muito grossa (**0**  $\Phi$   $\rightarrow$  2 a 1 mm), areia grossa (**1**  $\Phi$   $\rightarrow$  1 a 0.500 mm), areia média (**2**  $\Phi$   $\rightarrow$  0.500 a 0.250 mm), areia fina (**3**  $\Phi$   $\rightarrow$  0.250 a 0.125 mm), areia muito fina (**4**  $\Phi$   $\rightarrow$  0.125 a 0.0625 mm) e silte + argila (**>4**  $\Phi$   $\rightarrow$  <0.0625 mm). O teor de matéria orgânica (%) foi determinado, usando 5g da amostra, e levada à mufla a 450°C por 1h e 15min. O teor de carbonato de cálcio (%) foi determinado utilizando-se a metodologia descrita por Erftemeijer e Koch (2001).

As frações químicas do fósforo sedimentar superficial (fósforo apatítico - PA, biodisponível - PINA e orgânico - PO) foram obtidas utilizando o método de extração proposto por Williams et al. (1976) modificado por Burrus et al. (1990). As concentrações do fósforo orgânico e inorgânico foram determinadas pelo método espectrofotométrico descrito por Strickland e Parsons (1972). Para calibração da metodologia foi utilizado o padrão de sedimento BCR 684 da SMT.

Para cada amostra da planta foi determinada a densidade de hastes (hastes.m<sup>-2</sup>), a biomassa aérea e subterrânea (g ps.m<sup>-2</sup>), seguindo a metodologia de Duarte e Kirkman (2001). Para a análise morfométrica da planta, foram selecionadas as cinco maiores hastes de cada amostra e de cada haste foi retirada a maior folha para medição do seu comprimento (cm) com o auxílio de uma régua.

### **Análise Estatística**

Para detectar diferenças significativas dos parâmetros abióticos e bióticos entre as praias estudadas, entre os períodos do ano e entre os transectos foi aplicada ANOVA Fatorial. Para detectar diferença sazonal em relação à precipitação para as áreas estudadas, foi aplicada a ANOVA One-Way. Quando diferenças significativas foram registradas, utilizou-se o Teste de Tukey. Foi realizada a Correlação de Pearson entre os parâmetros geoquímicos e bióticos. Os dados granulométricos foram processados estatisticamente com o Programa Sysgran 3.0, a ANOVA foi aplicada utilizando-se o Programa Statistica<sup>®</sup> 8.0 e a correlação de Pearson o Programa NTSYSpc 2.1. O nível de  $\alpha$  aceito foi de 0.05.

## Resultados

### Nutrientes dissolvidos

Todas as concentrações dos nutrientes dissolvidos diferiram significativamente entre as praias estudadas (**NO<sub>2</sub>** - F=60.65; p<0.001, **NO<sub>3</sub>** - F=5.71; p=0.018, **PO<sub>4</sub>** - F=43.35; p<0.001), com as menores concentrações registradas para SB (**NO<sub>2</sub>** - 0.012±0.002 μmol.L<sup>-1</sup>, **NO<sub>3</sub>** - 0.238±0.021 μmol.L<sup>-1</sup>, **PO<sub>4</sub>** - 0.018±0.006 μmol.L<sup>-1</sup>) no período de estiagem (Tabela 1). E as maiores concentrações foram observadas para CB (**NO<sub>2</sub>** - 0.052±0.005 μmol.L<sup>-1</sup>, **NO<sub>3</sub>** - 0.643±0.137 μmol.L<sup>-1</sup>, **PO<sub>4</sub>** - 0.085±0.012 μmol.L<sup>-1</sup>) no período chuvoso (Tabela 1). Sendo verificadas diferenças significativas sazonais para o **NO<sub>3</sub>** em SB (F=6.18; p=0.015) e para o **PO<sub>4</sub>** em CB (F=2.48; p=0.117).

### Características do Sedimento

#### Granulometria

Os sedimentos apresentaram como característica predominante as frações *areia média* (50.55 ± 2.74%) e *areia fina* (33.93 ± 2.49%) para as áreas estudadas (Tabela 1), e todas as frações registraram diferenças significativas entre as praias (**CASC** - F=474.27; p<0.001, **AMG** - F=305.98; p<0.001, **AG** - F=7.57; p=0.007, **AM** - F=7.3; p=0.008, **AF** - F=5.7; p=0.018, **AMF** - F=6.97; p=0.009, **FINO** - F=119.10; p<0.001).

A fração *cascalho* variou entre 0.38±0.10% a 5.58±0.63% para SB e CB, respectivamente, ambas no período chuvoso (Tabela 1; Fig. 2), com diferenças significativas sazonais para CB (F=10.00; p=0.002). A fração *areia muito grossa* apresentou o menor percentual (0.70±0.13%) para SB e o maior (4.85±0.47%) para CB, ambas no período chuvoso (Tabela 1; Fig. 2), com variação sazonal para SB (F=9.73; p=0.003). A fração *areia grossa* variou entre 5.23±0.55% (SB, período chuvoso) a 8.34±0.72% (CB, período de estiagem) (Tabela 1; Fig. 2), com diferenças significativas entre os períodos do ano (F=5.32; p=0.25) e entre os transectos (F=3.87; p=0.026) para SB.

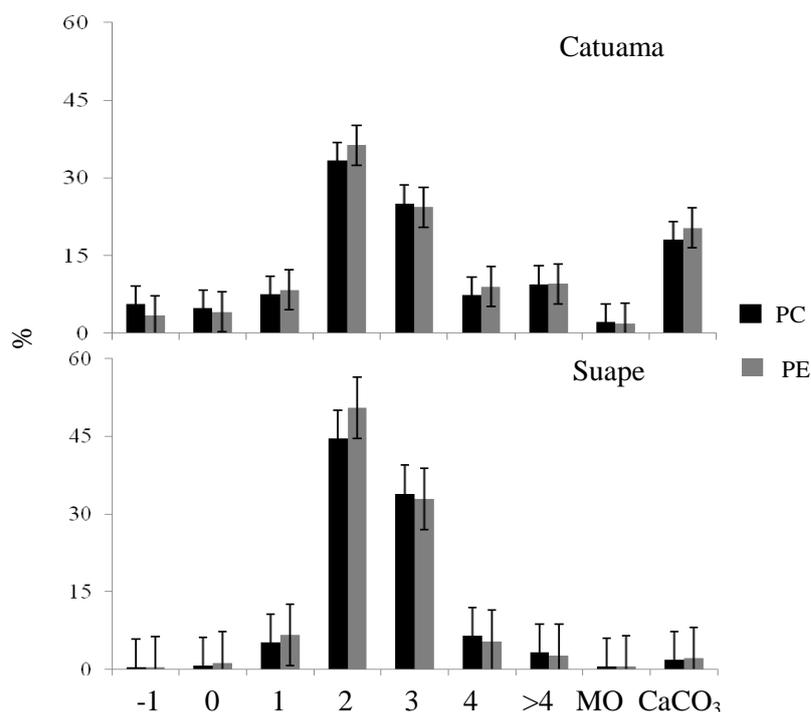
A fração *areia média* apresentou menor percentual (33.28±1.98%) registrado para CB, no período chuvoso, e o maior (50.55±2.74%) para SB, no período de estiagem (Tabela 1; Fig. 2), com diferenças significativas sazonais (F=5.3; p=0.025) e entre os transectos (F=6.4; p=0.003) para SB. A fração *areia fina* variou entre 24.30±1.42% (CB, período de estiagem) a

33.93±2.49% (SB, período chuvoso) (Tabela 1; Fig. 2), com diferenças significativas entre os transectos para SB (F=5.7; p=0.005). Para a fração *areia muito fina* foi registrado menor percentual (5.44±0.77%) para SB e o maior (8.98±0.77) para CB, ambas no período de estiagem (Tabela 1; Fig. 2). O percentual de *fino* (silte+argila) variou entre 2.72±0.30% a 9.57±0.72%, SB e CB, respectivamente, ambas no período de estiagem (Tabela 1; Fig. 2).

### **Percentual de Matéria Orgânica e de Carbonato de Cálcio**

O teor médio de matéria orgânica foi baixo, principalmente para SB, que apresentou percentual mínimo de 0.51±0.03% (período de estiagem), com o máximo valor registrado para CB 2.16±0.16% (período chuvoso) (Tabela 1; Fig. 2), com diferenças significativas entre as praias (F=307.94; p<0.001) e grande homogeneidade entre os transectos. Contudo, SB apresentou menor variação em relação ao período do ano e entre os transectos.

Para o carbonato de cálcio o menor percentual (1.86±0.12%) foi registrado para SB, no período chuvoso, e o maior (20.34±1.58%) para CB, no período de estiagem (Tabela 1; Fig. 2). Foram encontradas diferenças significativas entre as praias (F=710.68; p<0.001), entre os períodos do ano (F= 4.40; p=0.040) e entre os transectos para SB (F=6.75; p=0.002). Durante o estudo, os maiores percentuais de CaCO<sub>3</sub> foram registrados para CB, não sendo verificado um padrão de variação definido nos valores entre os períodos do ano.



**Fig. 2** Valores médios ( $\pm$ DP) do percentual das frações de sedimento ( $\phi$ ), de matéria orgânica (MO) e carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) em áreas de prados de *Halodule wrightii*, nas praias de Catuama - CB e Suape - SB, litoral de Pernambuco (Brasil), durante os períodos chuvoso - PC (Maio/09 a Ago/09) e o de estiagem - PE (Nov/09 a Fev/10). Onde: -1 = Cascalho, 0 = Areia Muito Grossa, 1 = Areia Grossa, 2 = Areia Média, 3 = Areia Fina, 4 = Areia muito Fina, >4 = Fino.

### Concentração do Fósforo no Sedimento

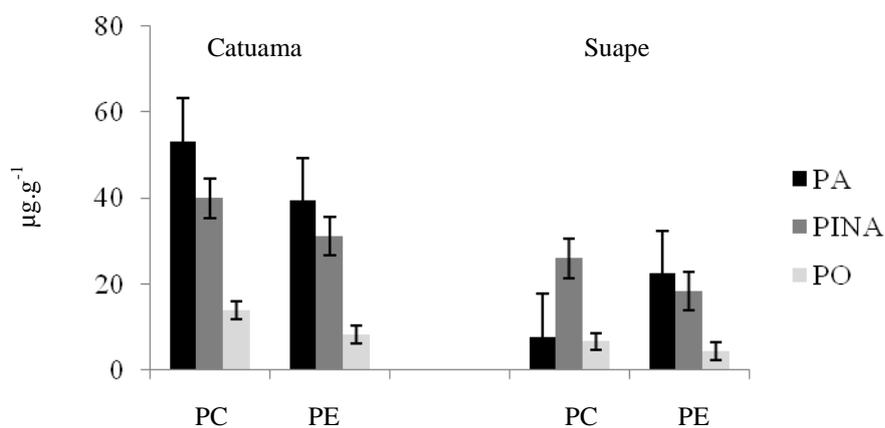
As concentrações das três frações do fósforo sedimentar diferiram significativamente entre as áreas estudadas (**PA** -  $F=93.03$ ;  $p<0.001$ , **PINA** -  $F= 9.81$ ;  $p=0.002$ , **PO** -  $F=23.77$ ;  $p<0.001$ ), com os maiores valores registrados para CB (Tabela 1; Fig. 3). As três frações do fósforo sedimentar exibiram forte correlação com o percentual de MO em Catuama (Tabela 2 e 3).

A concentração do fósforo apatítico (PA) variou entre  $7.68\pm 1.95 \mu\text{g.g}^{-1}$  a  $53.18\pm 7.55 \mu\text{g.g}^{-1}$ , SB e CB, respectivamente, ambas no período chuvoso (Tabela 1; Fig. 3). Não sendo observadas diferenças significativas sazonais (**CB** -  $F=0.13$ ;  $p=0.720$  e **SB** -  $F=0.96$ ;  $p=0.331$ ) e espacial (**CB** -  $F=1.66$ ;  $p=0.194$ , **SB** -  $F=1.85$ ;  $p=0.166$ ) para as duas praias.

O fósforo inorgânico não apatítico (PINA) variou entre  $18.38\pm 1.38 \mu\text{g.g}^{-1}$  (SB, período de estiagem) a  $39.89\pm 3.85 \mu\text{g.g}^{-1}$  (CB, período chuvoso) (Tabela 1; Fig. 3), com diferenças significativas sazonais nas concentrações do PINA para CB ( $F=16.06$ ;  $p<0.001$ ). Não sendo

registradas diferenças significativas espaciais nas concentrações para as duas praias (**CB** -  $F=0.473$ ;  $p=0.624$ , **SB** -  $F=0.65$ ;  $p=0.526$ ).

A concentração de fósforo orgânico (PO) foi menor em SB ( $4.33\pm 0.61 \mu\text{g.g}^{-1}$ ), no período de estiagem, e maior em CB ( $13.88\pm 1.94 \mu\text{g.g}^{-1}$ ), no período chuvoso (Tabela 1; Fig. 3), com diferenças significativas entre os períodos do ano para as duas praias (**CB** -  $F=12.60$ ;  $p=0.001$ , **SB** -  $F=7.53$ ;  $p=0.008$ ). Não sendo observadas diferenças significativas entre os transectos para as praias (**CB** -  $F=0.76$ ;  $p=0.468$ , **SB** -  $F=0.27$ ;  $p=0.768$ ).



**Fig. 3** Valores médios ( $\pm\text{DP}$ ) das concentrações ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) das frações do fósforo sedimentar em áreas de prados de *Halodule wrightii*, nas praias de Catuama - CB e Suape - SB, litoral de Pernambuco (Brasil), durante os períodos chuvoso - PC (Maio/09 a Ago/09) e o de estiagem - PE (Nov/09 a Fev/10).

**Tabela 1** Valores médios ( $\pm$ DP) registrados para os parâmetros químicos, biológicos e geoquímicos analisados em áreas de prados de *Halodule wrightii* em CB e SB, durante os períodos chuvoso (Maio/09 a Ago/09) e o de estiagem (Nov/09 a Fev/10).

	Catuama		Suape	
	PC	PE	PC	PE
NO <sub>2</sub> ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ )	0.052 $\pm$ 0.005	0.037 $\pm$ 0.005	0.012 $\pm$ 0.002	0.012 $\pm$ 0.005
NO <sub>3</sub> ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ )	0.643 $\pm$ 0.137	0.573 $\pm$ 0.080	0.552 $\pm$ 0.081	0.238 $\pm$ 0.021
PO <sub>4</sub> ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ )	0.067 $\pm$ 0.008	0.085 $\pm$ 0.012	0.018 $\pm$ 0.006	0.030 $\pm$ 0.008
Densidade (hastes.m <sup>-2</sup> )	2683 $\pm$ 200	3612 $\pm$ 379	4821 $\pm$ 331	5777 $\pm$ 366
BA (g.ps.m <sup>-2</sup> )	89.23 $\pm$ 8.31	99.81 $\pm$ 8.80	61.36 $\pm$ 5.76	54.81 $\pm$ 4.36
BS (g.ps.m <sup>-2</sup> )	207.51 $\pm$ 15.01	196.92 $\pm$ 20.62	199.36 $\pm$ 17.25	222.64 $\pm$ 16.15
BT (g.ps.m <sup>-2</sup> )	296.73 $\pm$ 22.41	293.87 $\pm$ 28.00	254.13 $\pm$ 22.72	277.24 $\pm$ 18.48
Comprimento (cm)	22.64 $\pm$ 0.75	19.53 $\pm$ 0.78	14.67 $\pm$ 0.35	11.29 $\pm$ 0.30
CASC (%)	5.58 $\pm$ 0.63	3.40 $\pm$ 0.44	0.38 $\pm$ 0.10	0.41 $\pm$ 0.11
AMG (%)	4.85 $\pm$ 0.47	4.09 $\pm$ 0.26	0.70 $\pm$ 0.13	1.26 $\pm$ 0.24
AG (%)	7.49 $\pm$ 0.48	8.34 $\pm$ 0.72	5.23 $\pm$ 0.55	6.67 $\pm$ 0.90
AM (%)	33.28 $\pm$ 1.98	36.32 $\pm$ 1.79	44.57 $\pm$ 2.94	50.55 $\pm$ 2.74
AF (%)	25.03 $\pm$ 1.60	24.30 $\pm$ 1.42	33.93 $\pm$ 2.49	32.95 $\pm$ 2.59
AMF (%)	7.35 $\pm$ 0.68	8.98 $\pm$ 0.77	6.42 $\pm$ 1.22	5.44 $\pm$ 0.77
FINO (%)	9.48 $\pm$ 0.65	9.57 $\pm$ 0.72	3.24 $\pm$ 0.84	2.72 $\pm$ 0.30
MO (%)	2.16 $\pm$ 0.16	1.92 $\pm$ 0.19	0.56 $\pm$ 0.04	0.51 $\pm$ 0.03
CaCO <sub>3</sub> (%)	18.05 $\pm$ 1.69	20.34 $\pm$ 1.58	1.86 $\pm$ 0.12	2.19 $\pm$ 0.11
PA ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ )	53.18 $\pm$ 7.55	39.40 $\pm$ 4.69	7.68 $\pm$ 1.95	22.52 $\pm$ 5.64
PINA ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ )	39.89 $\pm$ 3.85	31.14 $\pm$ 3.89	25.96 $\pm$ 1.61	18.38 $\pm$ 1.38
PO ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ )	13.88 $\pm$ 1.94	8.25 $\pm$ 0.86	6.61 $\pm$ 1.04	4.33 $\pm$ 0.61

PC = Período Chuvoso; PE = Período de Estiagem; MPS = Material Particulado em Suspensão; BA = Biomassa Aérea; BS = Biomassa Subterrânea; BT = Biomassa Total; CASC = Cascalho; AMG = Areia Muito grossa; AG = Areia Grossa; AM = Areia Média; AF = Areia Fina; AMF = Areia Muito Fina; FINO = silte+argila; MO = Matéria Orgânica; CaCO<sub>3</sub> = Carbonato de Cálcio; PA= Fósforo Apatítico; PINA = Fósforo Inorgânico Não Apatítico; PO = Fósforo Orgânico.

**Tabela 2** Valores de R<sup>2</sup>, produto da Correlação de Pearson entre os parâmetros estruturais de *Halodule wrightii* e os geoquímicos registrados em CB, durante os períodos chuvoso (maio/09 a ago/09) e o de estiagem (nov/09 a fev/10).

	CaCO <sub>3</sub>	MO	PINA	PA	PO	FINO
CaCO <sub>3</sub>	1					
MO	0.3417	1				
PINA	0.3441	0.7565	1			
PA	0.4560	0.6196	0.6726	1		
PO	0.2560	0.5214	0.5014	0.4865	1	
FINO	0.1267	0.3359	0.1314	0.2656	0.3746	1
DENS	-0.2127	-0.1266	-0.0298	-0.0961	-0.0777	-0.1860
BA	0.0091	0.0707	-0.0493	0.0558	0.0555	0.0717
BS	0.0584	-0.0041	-0.0451	0.0623	0.0586	0.0374
COMP	0.0823	-0.0779	-0.1263	-0.0137	-0.0668	-0.0563

CaCO<sub>3</sub>=Carbonato de Cálcio; MO=Matéria Orgânica; PINA=Fósforo Biodisponível; PA=Fósforo Apatítico; PO=Fósforo Orgânico; FINO=Silte+Argila; DENS=Densidade; BA=Biomassa Aérea; BS=Biomassa Subterrânea; COMP=Comprimento Foliar

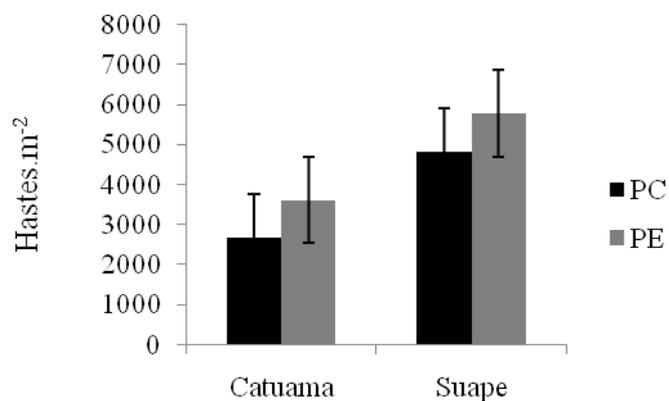
**Tabela 3** Valores de R<sup>2</sup>, produto da Correlação de Pearson entre os parâmetros estruturais de *Halodule wrightii* e os geoquímicos registrados em SB, durante os períodos chuvoso (maio/09 a ago/09) e o de estiagem (nov/09 a fev/10).

	CaCO <sub>3</sub>	MO	PINA	PA	PO	FINO
CaCO <sub>3</sub>	1					
MO	0.2844	1				
PINA	0.1559	0.3107	1			
PA	0.0755	0.1238	0.1158	1		
PO	0.2646	0.2183	0.1322	0.1312	1	
FINO	-0.0802	0.0466	0.0355	0.0888	0.1220	1
DENS	0.0762	0.2127	0.2991	0.0107	-0.0276	-0.0243
BA	-0.0055	0.3767	0.3476	0.0715	-0.0087	0.0438
BS	-0.0034	0.1729	0.0841	-0.0504	-0.1436	0.0699
COMP	-0.0436	0.2424	0.2515	-0.2422	0.1359	0.1720

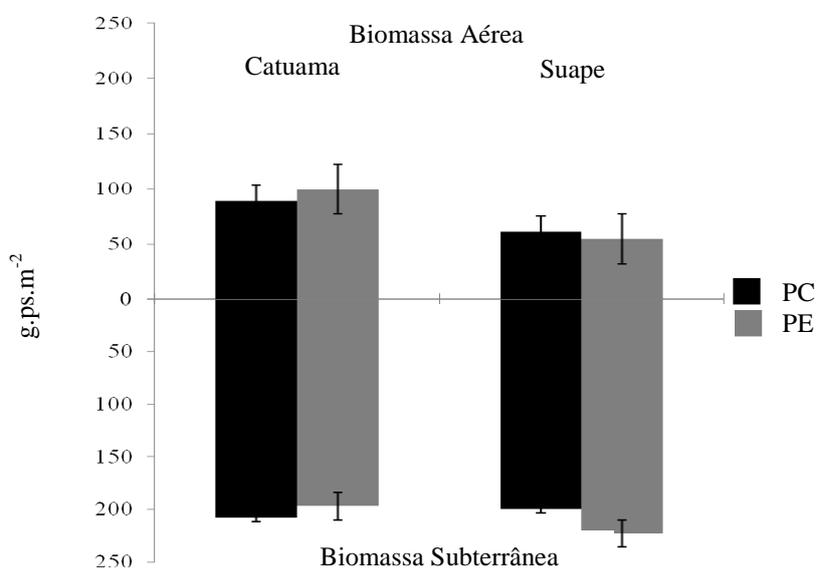
CaCO =Carbonato de Cálcio; MO=Matéria Orgânica; PINA=Fósforo Biodisponível; PA=Fósforo Apatítico; PO=Fósforo Orgânico; FINO=Silte+Argila; DENS=Densidade; BA=Biomassa Aérea; BS=Biomassa Subterrânea; COMP=Comprimento Foliar

### Densidade de hastes, Biomassa e Comprimento Foliar de *Halodule wrightii*

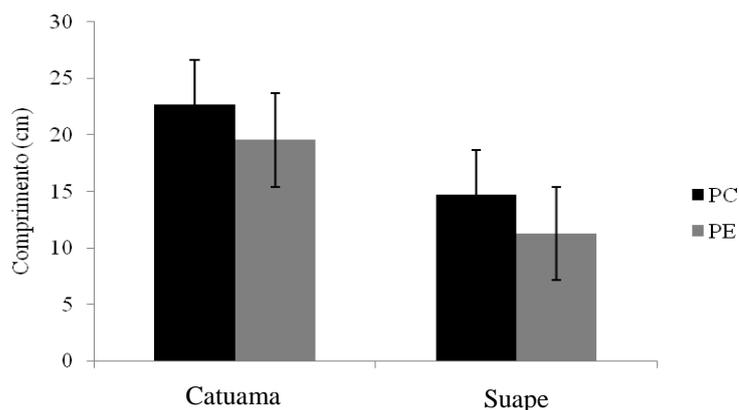
A densidade média de hastes variou entre 2683±200 hastes.m<sup>-2</sup> (CB, período chuvoso) a 5777±366 hastes.m<sup>-2</sup> (SB, período de estiagem) (Tabela 1; Fig. 4), com diferenças significativas entre as praias (F= 45.01; p<0.001), e entre os transectos para CB (F=12.18; p<0.001). A biomassa aérea média variou entre 54.81±4.36 g.ps.m<sup>-2</sup> (SB, período de estiagem) a 99.81±8.80 g.ps.m<sup>-2</sup> (CB, período de estiagem) (Tabela 1; Fig. 5), com diferenças significativas entre as praias (F=17.05; p<0.001), e entre os transectos para CB (F=10.13; p<0.001). A biomassa subterrânea variou entre 196.92±20.62 g.ps.m<sup>-2</sup> (CB, período de estiagem) a 222.64±16.15 g.ps.m<sup>-2</sup> (SB, período de estiagem) (Tabela 1; Fig. 5), com diferenças significativas entre os transectos para CB (F=17.86; p<0.001) e SB (F=5.38; p=0.007). O comprimento foliar variou entre 11.29±0.30 cm (SB, período de estiagem) a 22.64±0.75 cm (CB, período chuvoso) (Tabela 1; Fig. 6), com diferenças significativas entre as praias (F=141.92; p<0.001), variação sazonal (**CB** - F=10.76; p=0.002 e **SB** - F=34.65; p<0.001), e diferença entre os transectos para CB (F=19.72; p<0.001). Os parâmetros morfológicos da planta exibiram correlação fraca ou negativa com as frações do fósforo sedimentar (Tabela 2 e 3).



**Fig. 4** Valores médios da densidade de hastes (hastes.m<sup>-2</sup>) de *Halodule wrightii*, nas praias de Catuama – CB e Suape - SB, durante os períodos chuvoso - PC (Maio/09 a Ago/09) e de estiagem - PE (Nov/09 a Fev/10).



**Fig. 5** Valores médios da biomassa aérea e subterrânea (g.ps.m<sup>-2</sup>) de *Halodule wrightii*, nas praias de Catuama - CB e Suape - SB, durante os períodos chuvoso - PC (Maio/09 a Ago/09) e de estiagem - PE (Nov/09 a Fev/10).



**Fig. 6** Valores médios do comprimento foliar (cm) de *Halodule wrightii*, nas praias de Catuama - CB e Suape - SB, durante os períodos chuvoso - PC (Maio/09 a Ago/09) e de estiagem - PE (Nov/09 a Fev/10).

## Discussão

As características (tamanho do grão, teor de MO e  $\text{CaCO}_3$ ) do sedimento têm sido reportadas como um dos fatores que influenciam no desenvolvimento de angiospermas marinhas (Capone 1982; Short 1987; Fourqurean et al. 1992; Murray et al. 1992; Perry e Dennison 1999; Holmer et al. 2001; Koch 2001). No presente estudo os sedimentos analisados em diferentes populações de *Halodule wrightii*, exibiram diferenças significativas com relação à composição e a disponibilidade do P no sedimento.

De acordo com Mellors et al. (2005), diferenças na mineralogia do sedimento e no tamanho do grão influenciam na disponibilidade dos nutrientes, o que pôde ser constatado pelos resultados obtidos neste estudo. A composição do sedimento de CB foi caracterizada, principalmente, por diferenças significativas nas frações de *cascalho* e *silte+argila*, %MO e % $\text{CaCO}_3$  em relação ao sedimento de SB. Essas diferenças na composição do sedimento explicam as variações nas concentrações das frações do fósforo no sedimento, encontradas entre as duas áreas.

Alguns estudos têm afirmado que sedimentos carbonáticos apresentam baixas concentrações de fosfato nas águas intersticiais, devido à forte tendência das partículas de carbonato de cálcio em adsorver o fosfato em sua superfície, tornando o ambiente P-limitado (Short et al. 1990, Fourqurean et al. 1992, Koch et al. 2001, Long et al. 2008). Diferente do observado no presente estudo que, apesar de ter sido registrado para Catuama os maiores percentuais de carbonato de cálcio em comparação à SB, foram observadas as maiores concentrações do PINA em CB. O fator que pode estar contribuindo para elevados valores na concentração do PINA em CB, é a maior proporção de sedimentos finos (silte+argila) em

relação à Suape. De acordo com Andrieux-Loyer e Aminot (2001) e Mellors et al. (2005), sedimentos com maiores proporções de frações finas têm maior capacidade de adsorção de nutrientes em comparação à sedimentos mais grossos (ex. areia), devido a maior área superficial por massa, o que resulta também em um elevado teor de MO (Van Mooy e Keil 2002).

Tal fato pode, também, ser explicado pelo maior percentual de matéria orgânica verificado em Catuama, que é transportada pelos estuários para as áreas costeiras (Chester, 2003) e mineralizada até as formas inorgânicas mais simples, aumentando a disponibilidade do fósforo para o crescimento das angiospermas marinhas como sugerido por Erftemeijer e Middelburg (1993) e Jensen et al. (1998). A mineralização da matéria orgânica constitui um importante mecanismo para a manutenção de fontes de nutrientes em ecossistemas de angiospermas marinhas (Kilminster et al. 2006).

Esses maiores percentuais de MO registrados no sedimento de CB, podem também estar relacionados com a decomposição de parte da biomassa morta de *Halodule wrightii* que fica retida no prado, e resulta na sua mineralização *in situ*, contribuindo para ciclagem dos nutrientes, conforme sugerido por Erftemeijer e Herman (1994). Segundo Koch (2001) sedimentos com mais que 5% de matéria orgânica têm um efeito negativo no desenvolvimento de macrófitas marinhas por, geralmente, limitarem a disponibilidade de nutrientes. Contudo, essas limitações em relação ao teor de matéria orgânica no sedimento com o desenvolvimento de angiospermas marinhas precisam ser analisadas, levando-se em consideração as características da hidrodinâmica de cada área, como sugerido por Wicks *et al.* (2009).

Em geral, CB também apresentou as maiores concentrações de PO, e de acordo com Short (1987), o fósforo orgânico presente em sedimentos carbonáticos, é resultado da deposição de tecidos mortos de angiospermas marinhas ou outros materiais orgânicos na superfície do sedimento, que retorna ao ambiente como fosfato dissolvido e é removido pela absorção das plantas ou por adsorção pelas partículas de carbonato. Em contraste, o sedimento de SB foi caracterizado por baixas concentrações nas três frações do P sedimentar, bem como no teor de matéria orgânica (0.2-1.2 %) em comparação ao de CB. Tal fato pode ser explicado pela maior proporção de *areia média* na área, onde as correntes de fundo em contato com o sedimento remobilizam os nutrientes (Andrieux-Loyer e Aminot 2001), proporcionando uma maior troca dos nutrientes do sedimento para a coluna d'água do que em sedimentos finos (Huettel e Rusch 2000).

Apesar dos parâmetros bióticos não terem sido correlacionados positivamente com as frações do P sedimentar, as diferenças na composição do sedimento para as praias estudadas, refletiram em diferentes respostas na morfologia de *H. wrightii*. CB exibiu menor densidade de hastes, maior biomassa aérea, menor biomassa subterrânea, maior biomassa total e folhas mais longas. Em SB *H. wrightii* foi caracterizada por uma maior densidade de hastes, menor biomassa aérea, elevada biomassa subterrânea, menor biomassa total e mais folhas curtas.

De acordo com Cabaço, Machás e Santos (2007), os nutrientes são considerados requerimentos básicos para o crescimento e desenvolvimento de plantas, onde a variação na disponibilidade desses pode resultar em alterações na fisiologia e morfologia das plantas, e consequentemente, em alterações na estrutura da população. Vermaat et al. (1995), afirmam que as espécies de angiospermas marinhas apresentam variações no tamanho, em resposta das diferentes estratégias de crescimento, o que possibilita estas plantas a explorarem os nutrientes tanto do sedimento como da coluna d'água.

SB apresentou, em comparação com CB, os maiores valores de biomassa subterrânea, conseqüência das baixas concentrações de nutrientes no sedimento, como já constatado em outros estudos (Gleeson 1993, Vogt et al. 1993), que observaram um aumento da biomassa subterrânea, com expansão da área de superfície para uma eficiente absorção dos nutrientes. A mesma situação foi também verificada por Pangallo e Bell (1988), que observaram uma sazonalidade tanto na estrutura da parte aérea como na subterrânea para *H. wrightii*, e sugeriram que grande parte da variação no aumento da estrutura subterrânea da planta pode estar relacionada à sazonalidade na alocação de fontes de energia.

Segundo Erftemeijer e Middelburg (1993), a arquitetura do sistema radicular e a morfologia da raiz podem ser de grande importância para as espécies de angiospermas marinhas na aquisição de nutrientes em diferentes tipos de sedimentos. Contudo, Kiswara et al. (2009) constataram pequenas diferenças na morfologia das raízes de seis espécies de angiospermas marinhas tropicais e questionaram se a arquitetura da raiz pode refletir a disponibilidade dos nutrientes.

Em contraste, CB apresentou os maiores valores de biomassa aérea, o que pode ser explicado pela maior disponibilidade de nutrientes no sedimento, que resulta em uma maior alocação de biomassa para a parte aérea como apontado em alguns estudos (Lee e Dunton 1999, Udy e Dennison 1997). Uma segunda explicação para tal fato é o maior percentual de sedimentos finos no sedimento de Catuama, o que proporciona consequentemente, uma maior retenção de nutrientes em relação ao sedimento de SB.

Os resultados do presente estudo mostram que a composição do sedimento influenciou a estrutura vegetal de *Halodule wrightii*, uma vez que a maior proporção de sedimentos finos verificada em CB permitiu uma maior adsorção do PINA em comparação ao sedimento de SB. Por outro lado, SB caracterizou-se por uma maior biomassa subterrânea para *H. wrightii* em resposta das baixas concentrações de nutrientes no sedimento. Conforme verificado no presente estudo e nas atuais pesquisas, a saúde dos prados de angiospermas marinhas é reflexo tanto da estabilidade dos ecossistemas costeiros quanto ao aumento da frequência de tempestades e atividades antrópicas, constituindo, dessa forma, fator essencial para minimizar a vulnerabilidade desses ecossistemas frente às mudanças globais no clima.

**Agradecimentos** Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão de bolsa de mestrado. Os autores agradecem ainda a Antônio Castro, Bárbara Barkokébas, Cássio Rafael, David Freire, Fabiana Aguiar, Felipe Gaspar, Gilson Alves, Josiane Gomes, Keyla Travassos, Laura Laranjeira, Thayse Batista, Thiago Nogueira e William Fernandes pela valiosa assistência no trabalho de campo e/ou de laboratório.

## Referências

- Andrieux-Loyer, F., and A. Aminot. 2001. Phosphorus forms related to sediment grain size and geochemical characteristics in French coastal areas. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 52: 617-629.
- Andrade, G.O., and R.C. Lins. 2005. Os climas do Nordeste. In *As regiões naturais do Nordeste, o meio e a civilização*, org. J. Vasconcelos Sobrinho, 95-18. Recife: CONDEPE.
- Burrus, D., R.L. Thomas, J. Dominik, and J.P. Vernet. 1990. Seasonal delivery of the particulate forms of phosphorus to Lake Geneva from upper Rhone River. *Aquatic Science* 52: 221-254.
- Cabaço, S., R. Machás, and R. Santos. 2007. Biomass-density relationships of the seagrass *Zostera noltii*: A tool for monitoring anthropogenic nutrient disturbance. *Estuaries, Coastal and Shelf Science* 74: 557-564.

Capone, D.G. 1982. Nitrogen fixation (acetylene reduction) by rhizosphere sediments of the eelgrass *Zostera marina*. *Marine Ecology Progress Series* 10: 67-75

Chester, R. 2003. *Marine Geochemistry*, 2nd edition. Blackwell.

Duarte, C.M., and H. Kirkman. 2001. Methods for the measurement of seagrass abundance and depth distribution. In *Global Seagrass Research Methods*, eds. F. Short and R. Coles, 141-154. Elsevier: New York.

Erfteimeijer, P.L.A., and P.M.J. Herman. 1994. Seasonal changes in environmental variables, biomass, production and nutrient contents in two contrasting tropical intertidal seagrass beds in South Sulawesi, Indonesia. *Oecologia* 99: 45-59.

Erfteimeijer, P.L.A., and E.W. Koch. 2001. Sediment geology methods for seagrass habitat. In *Global Seagrass Research Methods*, eds. F. Short and R. Coles, 345-368. Elsevier: New York.

Erfteimeijer, P.L.A., and J.J. Middelburg. 1993. Sediment-nutrient interactions in tropical seagrass beds: A comparison between a terrigenous and a carbonate sedimentary environment in South Sulawesi (Indonesia). *Marine Ecology Progress Series* 102: 187-198.

Fourqurean, J.W., J.C. Zieman, and G.V.N. Powell. 1992. Phosphorus limitation of primary production in Florida Bay: evidence from the C:N:P ratios of the dominant seagrass *Thalassia testudinum*. *Limnology and Oceanography* 37: 162-171.

Gleeson, S.K. 1993. Optimization of tissue nitrogen and root-shoot allocation. *Aquatic Botany* 71: 23-31.

Granger, S., and H. Lizumi 2001. Water quality Measurement Methods for Seagrass Habitat. In *Global Seagrass Methods*, eds. F. Short and R. Coles, 393-406. Elsevier, New York.

Grasshoff, K., M. Ehrhardt, and K. Kremling. 1983. *Methods of seawater analysis*. 2nd edition. Verlag Chemie: New York, 317p.

Hemminga, M.A., P.G. Harrison, and F. van Lent. 1991. The Balance of nutrient losses and gains in seagrass meadows. *Marine Ecology Progress Series* 71: 85-96.

Holmer, M., F.O. Andersen, S.L. Nielsen, and T.S. Boschker-Henricus. 2001. The importance of mineralization based on sulfate reduction for nutrient regeneration in tropical seagrass sediments. *Aquatic Botany* 71: 1-17.

Huettel, M., and A. Rusch. 2000. Transport of phytoplankton in permeable sediment. *Limnology and Oceanography* 45: 534-549.

Jensen, H.S., K.J. McGlathery, R. Marino, and R.W. Howarth. 1998. Forms and availability of sediment phosphorus in carbonate sand of Bermuda seagrass beds. *Limnology and Oceanography* 43(5): 799-810.

Kilminster, K.L., D.I. Walker, P.A. Thompson, and J.A. Raven. 2006. Limited nutritional benefit to the seagrass *Halophila ovalis*, in culture, following sediment organic matter enrichment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 68: 675-685.

Kiswara, W., N. Behnke, P. van Avesaath, A.H.L. Huiskes, P.L.A. Erfteimeijer, and T.J. Bouma. 2009. Root architecture of six tropical seagrass species, growing in three contrasting habitats in Indonesian waters. *Aquatic Botany* 90(3): 235-245.

Koch, E.W. 2001. Beyond light: physical, geological and geochemical parameters as possible submersed aquatic vegetation habitat requirements. *Estuaries* 24(1): 1-17.

Koch, M.S., R.E. Ben'z, and D.T. Rudnick. 2001. Solid-phase phosphorus pools in highly organic carbonate sediments of northeastern Florida Bay. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 52: 279-291.

Koening, M.L., E. Eskinazi-Leça, S. Neumann-Leitão, and S.J. de Macedo. 2002. Impactos da construção do Porto de Suape sobre a comunidade fitoplanctônica no estuário do rio Ipojuca (Pernambuco-Brasil). *Acta Botanica Brasílica* 16(4): 407-420. (in portuguese)

Laboratório de Meteorologia de Pernambuco (LAMEPE). <http://www.itep.br/LAMEPE.asp>. Acessado Dez 2010.

Lee, K.S., and K.H. Dunton. 1999. Influence of sediment nitrogen-availability on carbon and nitrogen dynamics in the seagrass *Thalassia testudinum*. *Marine Biology* 134: 217–226.

Long, M.H., K.J. McGlathery, J.C. Zieman, and P. Berg. 2008. The role of organic acid exudates in liberating phosphorus from seagrass-vegetated carbonate sediments. *Limnology and Oceanography* 53: 2616–2626.

Lopez, P., X. Lluch, M. Vidal, and J.A. Morgui. 1996. Adsorption of phosphorus on sediments of the Balearic Islands (Spain) related to their composition. *Estuaries, Coastal and Shelf Science* 42: 185-196.

Macedo, S.J. de, K. Muniz, and M. de J. Flores-Montes 2004. Hidrologia da Região Costeira e Plataforma Continental do Estado de Pernambuco. In *Oceanografia: Um cenário tropical*, orgs. E. Eskinazi-Leça, S. Neumann-Leitão, and M. Costa, 255-286. Bagaço, Recife. (*in portuguese*)

Mellors, J., M. Waycott, and H. Marsh. 2005. Variation in biogeochemical parameters across intertidal seagrass meadows in the central Great Barrier Reef region. *Marine Pollution Bulletin* 51: 335-342.

Miller, M.W., and R.D. Sluka. 1999. Patters of seagrass and sediment nutrient distribution suggest anthropogenic enrichment in Laamu Atoll, Republic of Maldices. *Marine Pollution Bulletin* 38(12): 1152-1156.

Moura, R.T.de. 2009. Aspectos gerais da hidrobiologia do litoral norte de Pernambuco-Brasil. Brasília: Ibama. (*in portuguese*)

Murray, L., W.C. Dennison, and W.M. Kemp. 1992. Nitrogen versus phosphorus limitation for growth of an estuarine population of eelgrass (*Zostera marina* L.). *Aquatic Botany* 44: 83-100.

Pangallo, R.A., and S.S. Bell. 1988. Dynamics of the aboveground and belowground structure of the seagrass *Halodule wrightii*. *Marine Ecology Progress Series* 43: 297-301.

Perez-Llorens, J.L., and F.X. Niell. 1995. Short-term phosphate uptake kinetics in *Zostera noltii* Hornem: a comparison between excised leaves and sediment-rooted plants. *Hydrobiologia* 297(1): 17-27.

Perry, C.J., and W.C. Dennison. 1999. Microbial nutrient cycling in seagrass sediments. *AGSO Journal of Australian Geology & Geophysics* 17: 227-231.

Short, F.T. 1987. Effects of sediment nutrients on seagrasses: literature review and mesocosm experiment. *Aquatic Botany* 27: 41-57.

Short, F.T., W.C. Dennison, and D.G. Capone. 1990. Phosphorus-limited growth of the tropical seagrass *Syringodium filiforme* in carbonate sediments. *Marine Ecology Progress Series* 62: 169-174.

Strickland, J.D.H., and T.R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis, 2nd edition. Ottawa, Ontario: *Fisheries Research Board of Canada Bulletin* 167.

Suguio, K. 1973. Introdução à sedimentologia. São Paulo: Edgard, Blucher/Edusp, 317p.

Touchette, B.W., and J.M. Burkholder. 2000. Review of nitrogen and phosphorus metabolism in seagrasses. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 250: 133–167.

Udy, J.W., and W.C. Dennison. 1997. Growth and physiological responses of three seagrass species to elevated sediment nutrients in Moreton Bay, Australia. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 217: 253-277.

Van Mooy, B.A.S., and R.G. Keil. 2002. Seasonal variation in sedimentary amino acids and the association of organic matter with mineral surfaces in a sandy eelgrass meadow. *Marine Ecology Progress Series* 227: 275-280.

Vermaat, J.E., N.S.R. Agawin, C.M. Duarte, M.D. Fortes, N. Marbà, and J.S. Uri. 1995. Meadow maintenance, growth and productivity of a mixed Philippine seagrass bed. *Marine Ecology Progress Series* 124: 215–225.

Vogt, K.A., D.A. Publicover, J. Bloomfield, J.M. Pérez, D.J. Vogt, and W.W. Silver. 1993. Belowground responses as indicators of environmental change. *Environmental Experimental Botany* 33: 189-205.

Wicks, E.C., E.W. Koch, J.M. O’Neil, and K. Elliston. 2009. Effects of sediment organic content and hydrodynamic conditions on the growth and distribution of *Zostera marina*. *Marine Ecology Progress Series* 378: 71-80.

Williams, J.D.H., J.M. Jaquet, and R.L. Thomas. 1976. Forms of phosphorus in the superficial sediments of Lake Eire. *Journal of Fishers Research Board Canadian* 33: 413-429.

## 5 Conclusões

- As duas populações de *Halodule wrightii* apresentaram diferenças estruturais dentro e entre os prados para os parâmetros analisados;
- Os sedimentos analisados, em prados de *H. wrightii*, exibiram diferenças significativas com relação à composição e a disponibilidade do fósforo no sedimento, com as maiores concentrações de fósforo sedimentar registradas para Catuama, estando diretamente relacionadas aos maiores percentuais de sedimentos finos nesta área;
- A composição do sedimento da praia de Catuama foi caracterizada por diferenças significativas nas frações de *cascalho* e *silte+argila*, %MO e %CaCO<sub>3</sub> em relação ao sedimento de Suape;
- A granulometria do sedimento foi o principal fator que influenciou na disponibilidade do fósforo sedimentar para *H. wrightii*.

# **ANEXOS**

## ANEXO A - Journal of Coastal Research

### Full Author Instructions

#### SCOPE OF THE JOURNAL

The *Journal of Coastal Research* (JCR) covers the entire field of coastal research and encompasses all subjects relevant to natural and engineered coastal environments (freshwater, brackish, and/or marine), as well as the protection (*i.e.*, management) of their resources within the vicinity of shorelines around the world. The JCR broadly focuses on the immediate shoreline zones, but also embraces those coastal environments that either reach some indefinite distance inland or that extend seaward beyond the outer margins of the sublittoral (neritic) zone.

#### EDITORIAL POLICY

The *Journal of Coastal Research* is published in English by the Coastal Education & Research Foundation, Inc. [CERF]. Author submissions will fall into one of the following main departments, which are included in most JCR issues: *Professional Papers, Technical Communications, Notes, Discussions and Replies, Meeting Reports, News and Announcements, Letters to the Editor, Coastal Photographs, Honors and Awards, Book Reviews, Books Received, and Corrigendum*.

All manuscript submissions are reviewed in a timely manner by usually a minimum of two referees.

The referees assist the Editor-in-Chief in obtaining comments and suggestions for improvement of the manuscripts.

The Editor-in-Chief is ultimately responsible for the material that is selected for publication in the JCR.

#### **Before submitting a manuscript, please read the following rules carefully.**

Electronic submission of all contributions is mandatory. Contributions that differ from the following specifications will be returned to the authors immediately for correction before review. After the initial peer review process, any revised manuscripts that are resubmitted are assumed to be in final publication form when received by the editors.

It is not the responsibility of the JCR editors, or the peer reviewers, to rewrite a poorly written or sloppy manuscript. If you have difficulty writing scientific English, please consult a colleague whom you know well, or seek out the services of a professional editor who will help you for a fee. Manuscripts may be rejected solely on the basis of poor English and grammar.

#### PUBLICATION CHARGES

**Manuscript Submission Fee:** CERF reluctantly had to initiate a manuscript submission fee for authors who submit professional research papers or technical communications to the JCR (there is no submission fee for other contributions such as editorials, discussion and reply, news items, corrigenda, *etc.*). The manuscript submission fee is reduced for CERF members

in appreciation of their support of the Coastal Education & Research Foundation [*CERF*], the publisher of the *Journal of Coastal Research* (JCR). We would like to make it clear that this fee is simply to offset high maintenance fees associated with the online journal ([www.JCRonline.org](http://www.JCRonline.org)) and the electronic manuscript tracking system ([www.editorialmanager.com/jcoastres/default.asp](http://www.editorialmanager.com/jcoastres/default.asp)). We feel that this manuscript submission fee, although small, will help ensure that the CERF and JCR websites run smoothly for all of our members and authors.

**Pre-Print Orders:** Upon final acceptance of a paper, the authors have the option to pay for a professionally typeset pre-print of their article. By doing so, an online publication date will be placed on the front page of the article and an electronic pre-print of the paper will be made available to current CERF members and JCR subscribers at <http://www.JCRonline.org>. Due to the heavy volume of professional papers published in the JCR, some papers will take some time to be published in print. By having a professionally typeset pre-print available online, authors can begin to cite a published version of their paper almost immediately. Current pricing for preprints are \$45.00 USD per article, and instructions of how to order them will be sent to the corresponding author upon final acceptance of their paper.

**Voluntary Page Charges:** CERF depends, in large part, on the payment of these voluntary page charges for its operation in publishing the JCR. For current CERF members, a reduced (recommended) page charge of at least \$50.00 USD per printed page is kindly requested. For non-CERF members, a recommended page charge of at least \$70.00 USD per printed page is kindly requested. Even though these recommended prices are stated above, we understand that funding for publishing costs may be limited, and therefore, we will accept a reduced amount if that is all one can afford. The editors of the JCR graciously thank you when you contribute towards the payment of these voluntary page charges.

Upon final acceptance of the paper, the corresponding author will receive an email with instructions on how to securely pay for these page charges via our website at <http://www.cerf-jcr.org>. Due to the heavy volume of professional papers published in the JCR, payment of these voluntary page charges will place an author's paper at the top of the JCR's printing queue, allowing the paper to be published in print much sooner than the average waiting time. The paper will also be published immediately online as a professionally typeset pre-print.

**Color Charges:** Please be sure to indicate at the time of submission whether figures submitted in color are to be printed in color or in grayscale. If you request figures to be printed in color, you will receive a quoted price from the JCR Editorial Office. In addition, Online-only color is an available option to authors. A quoted price from the JCR Editorial Office will be provided to you upon request. This color cost must be paid in full before the paper can be scheduled for publication. Again, please indicate at the time of submission whether you request figures to be published in color. Unless noted otherwise, figures will be processed in grayscale.

**Revision and Remake Charges:** Once a manuscript is accepted for publication and sent in for typesetting, it is expected to be in its final form. When authors receive the proofs of their paper, it is the responsibility of the authors to make sure no further corrections are needed. If any other changes are required, the authors will be billed \$5.00 USD per revision. These charges will be assessed for all changes with the exception of printer and editor errors. In addition, the following charges will apply to any figure revisions: \$24.75 USD per halftone

(B&W) figure remake, \$19.00 USD per line art (B&W) figure remake, and \$150.00 USD per color figure remake. Charges for alterations made at the proof stage will be billed separately to the corresponding author.

### **PROFESSIONAL PAPERS**

Original contributions dealing with all aspects of coastal and environmental problems are of prime interest to the JCR. Manuscripts dealing with theory, methodology, applied topics, engineering, thematic reviews, and case studies are also appropriate for publication. Periodic reviews of history, state-of-the-art summaries, and progress on specific topics or problems are also welcome.

### **TECHNICAL COMMUNICATIONS AND NOTES**

Brief reports and notes dealing with new or improved techniques, procedures, or methodologies will be submitted as technical communications and will be treated in a similar fashion as professional papers. These short reports may contain line drawings, photographs, and references. Although generally shorter and more limited in scope compared to a professional paper, they should follow the same format of longer papers. Technical communications are grouped together after the professional papers in a separate department of the JCR.

### **DISCUSSIONS AND REPLIES**

Discussion of professional papers or technical communications is encouraged. This department is provided as a forum for the exchange of ideas. Commentaries should identify, in JCR format, the report title and authors as well as the issue in which the paper appeared. Copies of discussion papers are normally sent to senior or first authors so that their replies may be printed following the discussions. Rejoinders and further discussions are permitted, should the author(s) or responders wish to extend the debate.

### **NEWS AND ANNOUNCEMENTS**

Announcements, discussions, and progress reports of supporting organizations and other associations with coastal themes and interests will highlight this section. Brief descriptions of representative professional activities and news items of international, national, or regional interests are also relevant here. Also included are news features about people, honors, and awards or opportunities for fellowships, scholarships, and research funds.

### **LETTERS TO THE EDITOR**

Critical observations (pro and contra) and clarifying discussions of articles appearing in the JCR will be published as soon as possible along with the author's reply. Brief and pertinent responses are encouraged. Editorials providing informative commentaries on any aspect of coastal technology, research, management, or policy are welcome.

### **LITERATURE REVIEWS, BOOK REVIEWS, & BOOKS RECEIVED**

Topical reviews in specialized subjects should feature classical interpretations of contentious issues, as well as modern developments. Selected book reviews and shorter listings of books received can also be included.

### **COASTAL PHOTOGRAPHS**

Black and white photographs of general coastal interest will be published as a single page entry with an appropriate descriptive caption (it is helpful to include location and date). Refer

to previous issues for appropriate examples and submit your photographs directly to the JCR Publishing Manager, Chris Makowski [cmakowski@cerf-jcr.com](mailto:cmakowski@cerf-jcr.com)  
Color printing and Online-only color of Coastal Photographs is also available. If interested, please contact the JCR Publishing Manager, Chris Makowski [cmakowski@cerf-jcr.com](mailto:cmakowski@cerf-jcr.com) for a quoted charge.

## GENERAL REQUIREMENTS

**Manuscript Requirements:** Manuscripts must be original and not submitted for publication elsewhere.

Submissions, in general, should be organized in the following order: (A) title (include a short running head), (B) names and affiliations of authors (with complete addresses and e-mail), (C) abstract, (D) additional index words (words not included in the title), (E) introduction, (F) methods, techniques, materials, study area, (G) results, (H) discussion, (I) conclusions, (J) acknowledgments, (K) literature cited, (L) summary or extended abstract in native language (if different from English), (M) tables, and (N) figure captions.

For general guides to manuscript layout and style, authors are referred to: *A Manual of Style* (1982), The University of Chicago Press, Chicago, Illinois; *Suggestions to Authors of the Reports of the United States Geological Survey* (1958), U.S. Government Printing Office, Washington, DC; *Geowriting -A Guide to Writing, Editing, and Printing in Earth Science* (1973), American Geological Institute, Washington, DC; and *Style Manual: For Authors and Printers of Australian Government Publications* (1966), Commonwealth Government Printing Office, Canberra, A.C.T., Australia. These books contain useful details of grammar, punctuation, table preparation, figure layout, and other style matters.

Authors are responsible for making their submissions clear, concise, and accurate. Contributors to the JCR should consult these guidelines, previous issues of the JCR, and general style manuals (indicated above).

**Manuscripts that are not properly prepared will be returned to the authors immediately for corrections.**

Manuscripts must be typed in readable font, preferably Times New Roman, and in a popular word processor, such as Word. Copy may be single spaced throughout. The following standard headings are set up to accommodate the majority of situations that will normally be encountered in the JCR. Please follow the following system for heads and banners:

**FIRST ORDER HEADINGS ARE BOLD TYPE IN CAPITALS AND CENTERED**

**Second Order Headings Are Upper and Lower Case, Flush Left Third Order Headings Are Upper and Lower Case, Indented Fourth Order Headings Are Upper and Lower Case Indented as a Paragraph and Running into Copy.**

The typographical requirements of headings identify their level or order. In exceptional circumstances, they may be further stipulated by a numbering system, but the use of numbering systems is discouraged. When in doubt, send your formatting questions to the JCR's Editor-in-Chief, Dr. Charles W. Finkl: [cfinkl@cerf-jcr.com](mailto:cfinkl@cerf-jcr.com) Manuscripts should be prepared using a popular printer font (*e.g.*, Times New Roman). Do not use oversize letters or fancy fonts for headings or text. Book or journal titles and foreign words and phrases, *etc.* should be italicized. Symbolization used in mathematical formulae may be accompanied by

marginal notes that identify the foreign characters (first occurrence only) for the typesetter. Marginal notes must be made in a manner that is easily separated from the text.

### **TITLE PAGE**

The first page of the manuscript should contain: (1) a concise title; (2) a short running head; (3) full name(s) of the author(s), under the title in one line; (4) complete affiliations and postal addresses, plus any other contact information. Footnotes for new affiliations, contribution numbers from institutions, and financial support from research contracts and grants may be added to this page.

### **ABSTRACT**

The abstract will most likely be viewed up to 500 times more by readers than the full paper. Therefore, the abstract should convey information itself, not just promise it. Always begin the abstract with rationale and objective statements; never jump directly into the materials and methods. A concise abstract (never more than 3% of the text or maximum of 250 words) should be on the second page of your manuscript. The content should summarize the work and indicate important research findings or results. The abstract should not contain reference to bibliographic citations, figures, or table materials. Equations, formulas, obscure abbreviations, and acronyms also are inappropriate. The abstract should include reasons for doing the work, objectives of the topics covered, brief description of the methods used, results, and conclusions. For those who are able to do so, a short summary in French, German, Spanish and/or other language would be appreciated. The summary does not need to be an exact, literal translation of the abstract.

### **ADDITIONAL INDEX WORDS**

Authors are required to provide a few additional index words not found in the title. These key words are useful to abstracting services and indexers who prepare lists for computer searches by subject. They are identified after the abstract as "**ADDITIONAL INDEX WORDS:**" and are listed in italic, separated by commas.

### **TABLES**

Tables may be submitted at the end of the manuscript text file or in a separate file (or files). They should be numbered consecutively, appropriately based, and kept as simple and short as possible. Longer appendices are exceptionally allowed. The title to a table should not include the units of measurement or take footnotes. Show the units for all measurements in column heads, in spanner heads, or in the field. In general, only horizontal rules are used: a double rule at the top, a single rule below the box head, and a single rule at the bottom just over the footnotes; additional horizontal rules may be needed under spanner heads and subheads. Vertical lines within tables should be avoided. Tables should be submitted in either XLS or DOC formats. It is highly recommended for authors to view previous JCR article tables for proper formatting.

### **ILLUSTRATIONS**

**ALL FIGURES MUST BE UPLOADED AS SEPARATE FILES.** Photographs and line drawings are to be numbered in Arabic numerals in a single sequence as "Figure 1," "Figure 2," *etc.*, and so referred to in the manuscript text. Each must be clearly captioned and acknowledged when necessary. Legends of figures must be typed on a separate page at the end of the paper in a "List of Figures." The size of a figure, the lettering and lines, must be carefully considered for reduction because these figures will be reduced as much as possible

to one column (85 mm) or two columns (175 mm). The length of a column is 230 mm. Larger illustrations may be rotated sideways and printed as a turn-page (landscape view) to take advantage of maximum page size. The minimum size of a reduced letter should be about 2 mm high. For a figure that is to be reduced to 1/4 of its size (1/2 length of size), lines of 0.5 to 0.8 mm and 16 to 18 point bold are recommended. Computer-generated figures should be used. Magnifications should be given as bar lines in the photograph and defined in the caption or legend. Maps and planimetric drawings should contain scales in bar lines as well as a north sign. It is highly recommended for authors to view previous JCR figures for proper formatting. All figures should be mentioned in the manuscript text. Figures will not be placed out of numerical order. Figures are assumed to be grayscale or black and white (even if submitted in color), unless otherwise stated. If a figure is to be printed in color, it must be clearly marked for color plate preparation.

**Digital Figure Guidelines:** Digital files that are recommended include: TIFF (.tif), Adobe Illustrator (.ai), Canvas, EPS (.eps), Adobe Photoshop (.psd), Quark documents, PDF (.pdf), Corel Photo-Paint, PageMaker documents, JPEG (.jpg), Corel Draw, PictureViewer documents, *etc.*

Many of the above formats are resolution-dependent. The file resolutions that are required for good quality printing is much higher than is required for viewing on a computer screen. Files that are created in programs or at settings that are "low" resolution will always retain the visual characteristics of low-resolution files regardless of what is done to them later. A low-resolution file has a bitmapped (pixilated) appearance. The best file resolution for a figure file depends on the type of figure that it is and what line-screen will be used to print the figure. Using resolutions that are higher than ideal does not serve any advantage. It is recommended that the following ideal (and minimum) resolutions are used for figure files: Line Bitmap 1200 ppi (600 ppi); Color CMYK 350 ppi (200 ppi); Color / "line" CMYK 600 ppi (200 ppi); 175L b/w halftone Grayscale 350 ppi (200 ppi); 300L b/w halftone Grayscale 450 ppi (200 ppi).

The editors of the JCR reserve the right to reject any digital files that require excessive time to open. To prevent this from happening, please: Crop excessive white space from around the figure, submit the files in grayscale or bitmap mode unless they are intended to print in color, and size the figure to be as close to its final print size. Also, do not exceed the ideal resolution for the specific kind of figure, as indicated in the above table.

### **SCIENTIFIC NAMES**

Identifiers of plant and animal genera, subgenera, species, and lower taxa need to be in italics, with specific and lower epithets being written with a lower case initial letter. Nomenclature should follow the appropriate international code. Geological, ecological, and other scientific terms should follow standard usage or be defined the first time they are employed in the paper.

### **UNITS OF MEASURE**

The S.I. system (le System International d' Unites) of reporting measurements, as established by the International Organization for Standardization in 1960, is required insofar as practical. Other units may be reported in parentheses or as the primary units when it would be impossible or inconvenient to convert to the S.I. system. Equivalent units may be given in parentheses when tables, figures, and maps retain units of the English system (Customary units).

## EQUATIONS

Please provide adequate space for entering the printing and coding instructions around equations and between lines of a given equation. Identify the Greek letter used in the margin by writing the name, *e.g. alpha*. Keep in mind that elaborate equations often extend over several lines with many breaks. Alternatively, it may be advantageous to group long equations into a "table," which can run across the full width of the page, thus allowing clearer presentation.

## TITLES

A good title (a) briefly defines the subject, (b) indicates the purpose of the contribution, and (c) gives important, high-impact words early. Besides being descriptive, the title should be short, usually less than 12 words except in unusual circumstances. Titles should never contain abbreviations, excessive notation, or proprietary names; and authors should avoid using unusual or outdated terminology.

## LITERATURE REFERENCES

***In Text Citations:*** Citations are generally treated according to the "Harvard System." In the body of the manuscript text, they are cited by naming the author(s) and indicating the year of publication. Please note that for citations with three authors or less, all three author names are given in the in-text citation (Jones, Smith, and Andrews, 2005). For publications with more than three authors, *et al.* is used (Finkl *et al.*, 2005). Enclose the cite in parentheses if referring to indirectly, or enclose the year of publication in parentheses if referring to directly, *e.g.* "(Jones, 1988)" or "(Smith *et al.*, 1989);" "according to Jones (1988)," "from data prepared by Smith *et al.* (1989)." Multiple citations given together should be listed in alphabetical (*not* chronological) order, separated by a semicolon. For example: (Andrews and Stewart, 2006; Jones, 2004; Jones, Andrews, and Stewart, 2003).

***Literature Cited Section:*** Papers cited should be grouped together in a list headed "Literature Cited," (not References or Bibliography) alphabetically arranged by first authors' surnames, but unnumbered, at the end of the body of the paper. In this section, all authors' names and initials are required (no space between initials) followed by the year of publication and the full title of the paper. Then follows the full title of the periodical in *italic*, the volume and issue number in Arabic numerals, and finally the page spread. For books, the title is given in *italic*, and then the bare name of the publisher preceded by the place (city and state or country) of publication. The list of references to journal articles and books, found in the JCR, should be in the following basic format:

Giammona, C.P., 1988. Sea surveys. *In*: Finkl, C.W, (ed.), *The Encyclopedia of Field and General Geology*. New York: Van Nostrand Reinhold, pp. 747-764.

Kundu, P.K., 1990. *Fluid Dynamics*. New York: Academic, 638p.

McCave, I.N., 1987. Fine sediment sources and sinks around the East Anglian coast (UK). *Journal Geological Society London*, 144, 149-152.

Mehta, A.J. and Montague, C.L., 1991. *A Brief Review of Flow Circulation in the Vicinity of Natural and Jettied Inlets: Tentative Observations on Implications for Larval Transport at Oregon Inlet, North Carolina*. Gainesville, Florida: Oceanographic Engineering Department, University of Florida, Report

Thieke, R.J. and Harris, P.S., 1993. Application of longshore transport statistics to the evaluation of sand transfer alternatives at inlets. *Journal of Coastal Research*, Special Issue No. 18, pp. 111-124.

**Please check the accuracy of your references scrupulously.**

Many papers arrive at an editor's desk with incorrect dates, titles, and author names in reference lists; or the year of publication and spelling of the author's name in the reference list does not match those listed in the manuscript text citation. Responsibility for the accuracy rests solely with the authors. Examples of variations on the basic citation formula follow below.

**EXAMPLES OF REFERENCE FORMATS FOR THE JCR**

***Single-Author Paper in a Journal:***

Dickinson, W.R., 2000. Hydro-isostatic and tectonic influences on emergent Holocene paleoshorelines in the Mariana Islands, western Pacific Ocean. *Journal of Coastal Research*, 16(3), 735-746.

***Two-Authored Paper in a Journal:***

Lidz, B.H. and Hallock, P., 2000. Sedimentary petrology of a declining reef ecosystem, Florida Reef Tract (U.S.A.). *Journal of Coastal Research*, 16(3), 675-697.

***Multi-Authored Paper in a Journal:***

Finkl, C.W.; Estebanell Becerra, J.; Achatz, V., and Andrews, J.L., 2008. Geomorphological mapping along the upper southeast Florida Atlantic Continental platform; I: Mapping units, symbolization and geographic information system presentation of interpreted seafloor topography. *Journal of Coastal Research*, 24(6), 1388-1417.

Martinez, J.O.; Gonzalez, J.L.; Pilkey, O.H., and Neal, W.J., 2000. Barrier island evolution on the subsiding central Pacific Coast, Colombia, S.A. *Journal of Coastal Research*, 16(3), 663-674.

***Paper in a Proceedings Volume with No Editor:***

Butenko, J. and Barbot, J.P., 1980. Geological hazards related to offshore drilling and construction in the Oronoco River Delta of Venezuela. *Offshore Technology Conference* (Houston, Texas), Paper 3395, pp. 323-329.

Uda, T. and Hashimoto, H., 1982. Description of beach changes using an empirical predictive model of beach profile changes. *Proceedings of the 18th Conference of Coastal Engineering* (Cape Town, South Africa, ASCE), pp. 1405-1418.

Goda, Y., 1970. The observed joint distribution of periods and heights of sea waves. *Proceedings of the 16<sup>th</sup> International Conference on Coastal Engineering* (Sydney, New South Wales, Australia), pp. 227-246.

***Book: Commercial Publisher:***

Coleman, J.M., 1981. *Deltas: Processes of Deposition and Models for Exploration*. Boston, Massachusetts: International Human Resources Development Corporation, 121p.

Roberts, N., 1989. *The Holocene, an Environmental History*. Malden, Massachusetts: Blackwell, 316p.

**Government:**

Fisk, H.N., 1944. *Geological Investigations of the Alluvial Valley of the Lower Mississippi River*. Vicksburg, Mississippi: U.S. Army Corps of Engineers, Mississippi River Commission, 78p.

**University Press:**

Diaz, H.F. and Markgraf, V., (eds.), 1992. *El Niño Historical and Paleoclimatic Aspects of the Southern Oscillation*. New York: Cambridge University Press, 321p.

**Chapter in an Edited Book:**

Colin, C. and Bourles, B., 1992. Western boundary currents in front of French Guiana. In: Prost, M.T. (ed.), *Évolution des littoraux de Guyane et de la zone Caribe méridionale pendant le Quaternaire*. Paris, France: Editions de l'ORSTOM Institute Française de Recherche Scientifique pour la Développement en Coopération, pp. 73-91.

**Miscellaneous Reports with an Author:**

McKee, E.D., 1989. Sedimentary Structures and Textures of Río Orinoco channel Sands, Venezuela and Colombia. *U.S. Geological Survey Water-Supply Paper W2326-B*, pp. B1-B23.

Mehta, A.J. and Montague, C.L., 1991. A Brief Review of Flow Circulation in The Vicinity of Natural and Jettied Inlets: Tentative Observations on Implications for Larval Transport at Oregon Inlet, NC. Gainesville, Florida: University of Florida, Department of Coastal and Oceanographic Engineering, *Report UFICOELIMP91/03*, 74p.

Vann, J.H., 1969. Landforms, Vegetation, and Sea Level Change along the Coast of South America. Buffalo, New York: State University College at Buffalo, *Technical Report No. 3*, 128p.

Farrow, D.R.G.; Arnold, F.D.; Lombardi, M.L.; Main, M.B., and Eichelberger, P.D., 1986. *The National Coastal Pollutant Discharge Inventory: Estimates for Long Island Sound*. Rockville, Maryland: National Oceanic and Atmospheric Administration, 40p.

**With No Specified Author:**

McClelland Engineering Staff, 1979. Interpretation and Assessment of Shallow Geologic and Geotechnical Conditions. Caracas, Venezuela: McClelland Engineering, Inc., *Orinoco Regional Survey Areas, Offshore Orinoco Delta, Venezuela*, Volume 1, 109p.

U.S. Environmental Protection Agency Staff, 1994. The Long Island Sound Study: Summary of the Comprehensive Conservation and Management Plan. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency Publication, *EPA 842-S-94-001*, 62p.

**Theses and Dissertations:**

Worthy, M.C., 1980. Littoral Zone Processes at Old Woman Creek Estuary of Lake Erie. Columbus, Ohio: Ohio State University, Master's thesis, 198p.

Arens, S.M., 1996. Aeolian Processes in the Dutch Foredunes. Amsterdam, The Netherlands: University of Amsterdam, Ph.D. thesis, 150p.

***Special Issues of a Journal:***

Warne, A.G. and Stanley, D.J., 1995. Sea-level change as a critical factor in development of basin margin sequences: new evidence from late Quaternary record. In: Finkl, C.W. (ed.), *Holocene Cycles: Climate, Sea Levels, and Sedimentation*. *Journal of Coastal Research* Special Issue No. 17, pp. 231-240. [N.B. Special issues can also be treated like a book because they are discrete and unrelated to each other in a series. The issue should be specified.]

***Maps or Charts:***

Beltran, C., 1993. *Mapa neotectónico de Venezuela*. Caracas, Venezuela: FUNVISIS Departamento de Ciencias de la Tierra, scale 1:2,000,000, 1 sheet.

***Websites:***

The Coastal Education & Research Foundation, Inc. URL: <http://www.cerf-jcr.org>; accessed on March 16, 2010.

**SUBMISSION OF MANUSCRIPTS**

Electronic submission is our required method for publishing consideration. Once you have read the above instructions and have formatted your manuscript accordingly, please go to our Editorial Manager manuscript submission website at: <http://www.editorialmanager.com/jcoastres/default.asp>. The author help section is on the menu.

***Proofs:*** Electronic page proofs will be available in PDF format to the first author or a corresponding author.

Authors are responsible for the correct spelling of names and for other information given in citations and for citing the references in the proper places in the text. The authors are responsible for the accuracy of all facts, dates, statistics, and the position of all parts of mathematical formulas. Proofs should be carefully checked for printing errors and returned promptly to the JCR editorial office.

Any changes to the proofs will be charged back to the author. The "Instructions for correcting proofs" should be followed carefully; they will accompany the proofs. Authors are also required to sign the **JCR Copyright**

**Release and Author Disclosure Form** after correcting their proofs as it certifies that all appropriate author-designated corrections have been properly marked. The JCR Copyright Release Form can be downloaded at <http://www.jcronline.org> under the '**For Authors**' top menu heading.

***Reprints:*** The *Journal of Coastal Research* now uses EzReprint, a user-friendly, automated online system for purchasing article reprints. Prior to publication of the issue, you will receive an e-mail with a unique URL (SmartLink) and information about the reprint order process. Clicking on the SmartLink will take you directly to a web portal where you may place your reprint order. The email will be sent to you from [EzReprint@odysseypress.com](mailto:EzReprint@odysseypress.com). You may want to add this to your "safe senders" list to ensure that you receive the message. Reprint

orders no longer have to be received in advance. Reprints can be ordered up to six months after the issue is published. If you have questions concerning your reprint order, please contact [EzReprint@odysseypress.com](mailto:EzReprint@odysseypress.com). A complimentary PDF reprint of the publication will be sent to the corresponding author after the article has printed.

## **JOURNAL INFORMATION**

The *Journal of Coastal Research* (JCR) is the leading international journal for coastal studies and processes, and is published by the Coastal Education & Research Foundation, Inc. [CERF]. The JCR is peer-reviewed, published bi-monthly, and encompasses all subjects relevant to natural and engineered environments (freshwater, brackish, or marine). For more information about the JCR, please visit our new online journal website at: <http://www.jcronline.org> (Google Search: JCRonline)

## **SOCIETY MEMBERSHIP INFORMATION**

Coastal Education and Research Foundation [CERF] members receive print and/or online versions of the JCR as a benefit of their membership. CERF is a nonprofit foundation dedicated to the advancement of the coastal sciences. The Foundation is devoted to the multi-disciplinary study of the complex problems of the coastal zone. The purpose of CERF is to help translate and interpret coastal issues for the public and to assist in the development of professional research programs. The Foundation specifically supports and encourages field and laboratory studies on a local, national, and international basis. Through the mediums of renowned scientific papers, book and encyclopedia series, and the world wide web, CERF disseminates accurate information to both the public and to coastal specialists around the world on all aspects of coastal issues in an effort to maintain or improve the quality of our planet's shoreline resources. Please visit our Foundation website at: <http://www.cerf-jcr.org> (Google Search: cerf-jcr)

## **ANEXO B - Estuaries and Coasts**

### **Instructions for Authors**

#### **How to Submit**

Inquiries to the Editorial Office should be submitted to: Taylor Bowen, Editorial Coordinator, Estuaries and Coasts, at [estuariesandcoasts@erf.org](mailto:estuariesandcoasts@erf.org) or (01) 434-977-5494 (Charlottesville, Virginia, USA).

Authors should submit their manuscripts online using the web-based Editorial Manager. Connect to the site: <http://www.editorialmanager.com/esco/> and upload all manuscript files. Contact Joanne Cabato at [joanne.cabato@springer.com](mailto:joanne.cabato@springer.com) for questions about online submission.

The Estuaries and Coasts online manuscript and review system offers easy and straightforward log-in and submission procedures. It supports a wide range of submission file formats, including: Word, WordPerfect, RTF, TXT, TIFF, GIF, JPEG, EPS, LaTeX2E, TeX, Postscript, PICT, Excel, Tar, Zip and PowerPoint.

PDF is not an acceptable file format.

- <http://www.editorialmanager.com/esco/>

#### **Cover Letter**

Include with your submission an attached cover letter that includes: manuscript title; a short synopsis of the paper's results, significance to the advancement of coastal or estuarine science, and interest for the journal's diverse readership.

Include a statement that results are original and have not been submitted for publication elsewhere. If any results have been previously published, include a description and explanation of why those results are included in your new submission. For multi-authored papers, include a brief description of the contributions of each author. Include any other information that will help the editorial board provide an objective and timely evaluation of your work.

#### **English Language**

Manuscripts are to be submitted in English. The Editors encourage submissions from all countries. Professional editing services are available to assist preparation of manuscripts by authors whose primary language is not English. Springer and the Coastal and Estuarine Research Federation do not endorse or take responsibility for these services, but we provide the following sample list to guide authors whose manuscripts may benefit from editing and proof-reading prior to submission: [www.biomedicalediting.com](http://www.biomedicalediting.com), [www.biomeditor.com](http://www.biomeditor.com), [www.biosciencewriters.com](http://www.biosciencewriters.com), [www.bluepencilscience.com](http://www.bluepencilscience.com), [www.bostonbioedit.com](http://www.bostonbioedit.com), [www.oleng.com.au](http://www.oleng.com.au), [www.prof-editing.com](http://www.prof-editing.com), [www.sci-edit.com](http://www.sci-edit.com), [www.stallardediting.com](http://www.stallardediting.com) [www.errnet.net](http://www.errnet.net)

## Revisions

If you are revising your manuscript from an earlier submission to *Estuaries and Coasts* you must also submit a letter detailing how the revision is responsive to each reviewer comment.

## Types of Articles

*Estuaries and Coasts* is the journal of the Coastal and Estuarine Research Federation. It publishes original research on the hydrodynamics, hydrology, (geo)chemistry, geology, biology and their interactions in marine waters influenced by connectivity to land. The journal's geographic scope includes coastal watersheds, tidal rivers, estuaries, lagoons, inland seas, wetlands, and near-shore coastal waters from polar to equatorial latitudes. The Editors discourage submissions that are descriptive, strongly place based, or descriptions of models without applications. They encourage submissions that present novel approaches, findings or concepts and will interest the journal's increasingly international readership.

All types of articles published in *Estuaries and Coasts* are peer reviewed by at least two reviewers prior to publication.

1. Original Reports of research results typically follow the structure of Title and Author Information, Abstract, Introduction, Methods, Results, Discussion, and References.
2. Notes, shorter reports of research results, follow the same structure as original reports of research.
3. Technical Communications, in which the author provides commentary on a report previously published in *Estuaries and Coasts* or elsewhere on a topic of interest to our readers. The author whose work is being discussed is given an opportunity to reply to the Technical Communication.
4. The H. T. Odum Synthesis Essay is solicited by the co-Editors-in-Chief on an annual basis to provide synthesis and review for an emerging topic of importance to estuarine and coastal science. These essays are published in open access form at no cost to the authors.
5. Perspectives in Estuarine and Coastal Science are short papers (maximum 8 printed pages) intended to stimulate discussion of emerging areas of estuarine and coastal research. A maximum of one such paper is published per journal issue (i.e., 6 per year). These papers are solicited by the co-Editors-in-Chief or proposed to one of the co-Editors-in-Chief through presubmission inquiries by prospective authors. The Perspectives papers are published in open access form at no cost to the authors.
6. Book Reviews of new books in estuarine and coastal science are solicited by the Editors.
7. Review Articles are either proposed to, or commissioned by, the Co-Editors-in-Chief. Prospective authors should contact either Carlos Duarte or James Cloern through the editorial office ([estuariesandcoasts@erf.org](mailto:estuariesandcoasts@erf.org)) before preparing a review manuscript.

## Legal requirements

Submission of a manuscript to *Estuaries and Coasts* implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible

authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

### **Permissions**

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

### **Manuscript preparation**

#### *Title Page*

The title page should include:

- The name(s) of the author(s), providing full names (not just initials).
- A concise and informative title. Titles with scientific names must include a common name or identifying term (e.g., “the amphipod *Gammarus mucronatus*”)
- The affiliation(s) and address(es) of the author(s)
- The e-mail address, telephone and fax numbers of the corresponding author

#### *Abstract*

Provide an abstract of 100 to 150 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references. The abstract should contain a concise statement of the objectives, methods employed, essential results, and conclusions of the study. The abstract should be written to facilitate electronic searching of databases composed of titles and abstracts only. The abstract must be understandable without reference to the text. Statements such as “results will be discussed” are not acceptable.

The authors can supply additional abstracts in other languages (for instance in the author’s native language). Such abstracts are optional and will only be published online. They must be supplied in Unicode [<http://www.unicode.org/>]

#### *Keywords*

Provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

#### *Text*

##### **Text formatting**

Line numbers are required.

#### *For submission in Word*

- Use a normal, plain font (e.g., 12-point Times Roman) for text.
- Use italics for emphasis.
- Use the automatic page numbering function to number the pages.
- Do not use field functions.
- Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.
- Use the table function, not spreadsheets, to make tables.
- Use the equation editor or MathType for equations. Note: If you use Word 2007, do not create the equations with the default equation editor but use MathType instead.
- "Save your file as a Word document (.doc). Do not submit docx files. Word template [<ftp://ftp.springer.de/pub/Word/journals/>]"

For submission in LaTeX, Springer provides a LaTeX macro package. When using this package, please activate the format [twocolumn], [smallcondensed], [smallextended]. The submission should include the original source (including all style files and figures) and a PDF version of the compiled output.

LaTeX macro package [<ftp://ftp.springer.de/pub/tex/latex/svjour3/global.zip>]

### **Main Body of Manuscript**

Manuscript elements should be in the following order: Title Page, Abstract, Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Acknowledgments (if any), References, tables, figure legends, figures. Additional sections may include Study Location, Experimental Design, Statistical Analysis, Summary, and Sources of Unpublished Materials, among others as needed. Additional sections should be put in the appropriate places. For example, a section on the study location can be placed after the Introduction.

#### *Heading levels, numbering*

Use no more than three levels of displayed headings.

#### *Abbreviations and acronyms*

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

#### *SI units, numbers*

Use internationally accepted signs and symbols for units, SI units.

#### *Terminology*

Genus and species names should be in italics. The common names of animals should not be capitalized.

#### *Equations*

Please use the standard mathematical notation for formulae, symbols etc.:

- Italic for single letters that denote mathematical constants, variables, and unknown quantities
- Roman/upright for numerals, operators, and punctuation, and commonly defined functions or abbreviations, e.g., cos, det, e or exp, lim, log, max, min, sin, tan, d (for derivative)
- Bold for vectors, tensors, and matrices.

#### *Footnotes*

Footnotes on the title page are not given reference symbols. Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data).

#### *Acknowledgments and Disclosures*

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section before the reference list. The names of funding organizations should be written in full.

### **Conflict of interest**

Estuaries and Coasts adheres to the general tenets of the policy discussions of the Council of Science Editors on authorship and on declaration of financial interests in reporting of scientific results. It is expected that any manuscript submitted for consideration for publication in Estuaries and Coasts will have been read and approved by all authors listed on

the title page, and that all authors will have made substantial contributions to the design, execution, and reporting of the scientific study. It is also expected that all financial interests held by the authors in any reported findings and all sources of financial support for the work will be described in the acknowledgments of the paper.

Authors must indicate whether or not they have a financial relationship with the organization that sponsored the research. They should also state that they have full control of all primary data and that they agree to allow the journal to review their data if requested. To prevent ambiguity, authors must state explicitly whether potential conflicts do or do not exist. Authors should do so in the manuscript on a conflict of interest notification page that follows the title page, providing additional detail, if necessary, in a cover letter that accompanies the manuscript.

## References

The list of References should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text. Do not use footnotes or endnotes as a substitute for a reference list.

### *Citation in text*

Cite references in the text by name and year in parentheses. Some examples:

- Negotiation research spans many disciplines (Thompson 1990).
- This result was later contradicted (Becker and Seligman 1996).
- This effect has been widely studied (Abbott 1991; Barakat et al. 1995; Kelso and Smith 1998; Medvec et al. 1993).

### *List style*

Reference list entries should be alphabetized by the last names of the first author of each work.

Examples of reference entries:

#### *1) Journal article:*

Chmura, G.L., A. Coffey, and R. Crago. 2001. Variation in surface sediment deposition on salt marshes in the Bay of Fundy. *Journal of Coastal Research* 17:221-227.

#### *2) Article by DOI (with page numbers):*

Slifka, M.K., and J.L. Whitton. 2000. Clinical implications of dysregulated cytokine production. *Journal of Molecular Medicine* 78:74-80. doi: 10.1007/s001090000086.

#### *3) Article by DOI (before issue publication and without page numbers):*

Suleiman, C., D.C. O'Connell, and S. Kowal. 2002. „If you and I, if we, in this later day, lose that sacred fire...“: Perspective in political interviews. *Journal of Psycholinguistic Research*. doi: 10.1023/A:1015592129296.

#### *4) Article in electronic journal by DOI (no paginated version):*

Slifka, M.K., and J.L. Whitton. 2000. Clinical implications of dysregulated cytokine production. *Online Journal of Molecular Medicine*. doi:10.1007/s001090000086.

*5) Book:*

Adriano, D.C. 2001. Trace elements in terrestrial environments, 2nd edition. New York: Springer-Verlag.

*6) Book Chapter:*

Luoma, S.N. 1990. Processes affecting metal concentrations in estuarine and coastal marine sediments. In Heavy metals in the marine environment, eds. R.W. Furness and P.S. Rainbow, 51-56. Boca Raton, Florida: CRC Press.

*7) Online First chapter in a series:*

Saito, Y., and H. Hiroyuki. 2007. Rate equation approaches to amplification of enantiomeric excess and chiral symmetry breaking. Topics in Current Chemistry. doi:10.1007/128\_2006\_108.

*8) Online document:*

Frisch, M. 2007. Does a low-entropy constraint prevent us from influencing the past? PhilSci archive. <http://philsci-archive.pitt.edu/archive/00003390>. Accessed 26 June 2007.

*9) Online database:*

German emigrants database. 1998. Historisches Museum Bremerhaven. <http://www.deutsche-auswanderer-datenbank.de>. Accessed 21 June 2007.

*10) Supplementary material/private homepage:*

Doe, J. 2006. Title of supplementary material. <http://www.privatehomepage.com>. Accessed 22 Feb 2007.

*11) FTP site:*

Doe, J. 1999. Trivial HTTP, RFC2169. <ftp://ftp.isi.edu/in-notes/rfc2169.txt>. Accessed 12 Nov 2006.

*12) Organization site:*

ISSN International Centre. 2006. The ISSN register. <http://www.issn.org>. Accessed 20 Feb 2007.

**Tables**

- Tables should always be cited in text in consecutive numerical order using Arabic numerals.
- Provide a heading for each table. The table title should explain clearly and concisely the components of each table.
- Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table heading.
- Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

**Figures**

Illustrations should be of high quality (i.e. professionally drawn or generated by graphics software). Detailed guidelines for preparation of figures are available here. [http://www.springer.com/west/home/authors/manuscript+guidelines?SGWID=4-40162-12-331200-0&teaserId=343497&CENTER\\_ID=357799](http://www.springer.com/west/home/authors/manuscript+guidelines?SGWID=4-40162-12-331200-0&teaserId=343497&CENTER_ID=357799)

- Name your figure files with “Fig” and the figure number, e.g. Fig1.eps.
- Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.
- Figures should be sized for printing in one column of the journal page. Indicate in your cover letter justification for figures designed to print over two columns.
- All figures should be in the same font type and the same font size.
- Include a caption for each figure. Identify all elements found in the figure in the caption.
- Figure parts should be denoted by lowercase letters. If figure panels have distinctive x- and y-axis labels, make separate figures (Fig. 5, Fig. 6).
- When using multiple panels with the same x-axis, stack the panels and use only one x-axis. Center all y-axis labels and x-axis labels.
- Isopleth diagrams should have black lines on a white background, and any grayscale sectors must be separated by black line isopleths with numbers.
- Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the caption.

#### *Figure Lettering*

Use Helvetica or Arial (sans serif) fonts for lettering. Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt). Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label. Avoid effects such as shading, outline letters, etc.

#### *Figure Placement and Size*

Prepare figures to fit in the column width of 84 mm. Page-width illustrations (174 mm wide) should be used sparingly to conserve journal space. Figures should be submitted at their final size.

#### *Image File Formats and Resolution*

Acceptable file formats for graphic images are TIFF, EPS, and JPEG. Graphics must be submitted individually. The recommended resolution for black and white photographs is 300 dpi (dots per inch). Line drawings should have a minimum resolution of 1200 dpi. All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide.

#### *Color Images*

Figures may be published in color without charge in the online version of the journal. Authors are required to sponsor the additional cost of reproducing color illustrations in the print journal: \$1,150 for all color within the same article. If color is essential to the article and funding is unavailable, please contact the Editorial Office before submitting the manuscript for consideration. Images intended for printing/reproduction in color must be submitted as color using CMYK color space in TIFF or EPS format.

#### *Maps*

Maps should include geographic coordinates indicating longitude and latitude in degrees, minutes, and seconds appropriate to the resolution of the map. Include hemispheric information such as N or S, and E or W. Maps should include geographic bearing or direction (compass or pointer) and a scale (in metric units appropriate to the resolution of the map). Land is usually best indicated by shoreline stippling, and water is best left open, especially if depth contours or sampling stations are indicated. In cases where geographic place names for land locations are required, they should not overlap with the stippling. Depth contours should be in metric units.

### *Statistics*

Details of all statistical tests used, including summary statistical information generated by statistical packages, must be submitted with each copy of the manuscript. The author should include sufficient pertinent details so that referees can determine the validity and accuracy of statistical statements made in the manuscript.

### **Electronic Supplementary Material**

If Electronic supplementary material (ESM) is submitted, it will be published as received from the author in the online version only. ESM may consist of

- information that cannot be printed: animations, video clips, sound recordings
- information that is more convenient in electronic form: sequences, spectral data, etc.
- large original data, e.g. additional tables, illustrations, etc.
- If supplying any ESM, the text must make specific mention of the material as a citation, similar to that of figures and tables (e.g., “. . . as shown in Animation 3.”).

For details on formats and other information, please follow the hyperlink to the specific instructions for electronic supplementary material on the right.

### **Open Choice**

Open Choice In addition to the normal publication process (whereby an article is submitted to the journal and access to that article is granted to members of Coastal and Estuarine Research Federation and customers who have purchased a subscription), Springer now provides an alternative publishing option: Springer Open Choice. For an additional fee of \$3,000 USD, a Springer Open Choice article receives all the benefits of a regular subscription-based article, but in addition is made available publicly through Springer’s online platform SpringerLink. Springer Open Choice cannot be ordered for published articles. For more information, please see:

- Springer Open Choice

### **Copyright**

Copyright transfer Authors will be asked to transfer copyright of the article to the Coastal and Estuarine Research Federation (or grant the Publisher exclusive publication and dissemination rights). This will ensure the widest possible protection and dissemination of information under copyright laws. Open Choice articles do not require transfer of copyright as the copyright remains with the author. In opting for open access, authors agree to the Springer Open Choice License.

### **Additional Information**

#### *Guidelines for Special Issues*

For guidelines, for proposing and submitting special issues, please refer to these Guidelines please see:

- <http://www.springer.com/environment/journal/12237>