

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ECOLOGIA TRÓFICA DO CARANGUEJO-UÇÁ,
Ucides cordatus (LINNAEUS, 1763) (CRUSTACEA,
OCYPODIDAE) E O FLUXO DE NUTRIENTES EM BOSQUES
DE MANGUE, NA REGIÃO DE IGUAPE (SP)**

**Ronaldo Adriano Christofolletti
Biólogo**

**JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
2005**

Christofoletti, Ronaldo Adriano
C556e Ecologia trófica do caranguejo-uçá *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Ocypodidade) e o fluxo de nutrientes em bosques de mangue, na região de Iguape (SP) / Ronaldo Adriano Christofoletti. -- Jaboticabal, 2005
x, 127 f. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2005

Orientador: Marcelo Antonio Amaro Pinheiro

Banca examinadora: Flavia Pinheiro Zanotto, Gustavo Augusto Schimidt de Melo, Augusto Alberto Valero Flores, Tânia Márcia Costa
Bibliografia

1. Crustacea. 2. Dieta. 3. Manguezal. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 639.518

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ECOLOGIA TRÓFICA DO CARANGUEJO-UÇÁ,
Ucides cordatus (LINNAEUS, 1763) (CRUSTACEA,
OCYPODIDAE) E O FLUXO DE NUTRIENTES EM BOSQUES
DE MANGUE, NA REGIÃO DE IGUAPE (SP)**

Ronaldo Adriano Christofolletti

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Antonio Amaro Pinheiro

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Zootecnia (Produção Animal).

**JABOTICABAL – SP
SETEMBRO - 2005**

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

RONALDO ADRIANO CHRISTOFOLETTI – Nascido em Rio Claro (SP), aos 9 de agosto de 1978, filho de *Rui Christofolletti* e *Angela Adélia Ceccato Christofolletti*. Em 1996, ingressou no curso de Ciências Biológicas da USP Ribeirão Preto, obtendo o título de Bacharel em Ciências Biológicas em 1999, e o de Mestre em Ciências (Biologia Comparada), na mesma instituição, em 2002. Em março/2003 iniciou o Doutorado desenvolvendo a presente tese, com financiamento da FAPESP (Proc. # 02/11580-3), junto ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (Produção Animal) da FCAV, UNESP Jaboticabal. Os estudos sobre a ecologia trófica e biologia populacional de crustáceos marinhos foram iniciados em 1998, e resultaram até o momento em vários resumos e apresentações orais em eventos científicos, em 4 (quatro) artigos publicados e 5 (cinco) artigos em preparação, além daqueles apresentados nesta Tese. Durante sua formação científica participou de Congressos Nacionais e Internacionais, além de disciplinas específicas à sua formação em várias Universidades brasileiras e do exterior (UBA, Buenos Aires, julho/2004). Desde julho/2002 integrou o *CRUSTA* (Grupo de Pesquisa em Biologia de Crustáceos), transferindo-se para a UNESP, Campus do Litoral Paulista - Unidade São Vicente em julho/2003. Durante o período de desenvolvimento deste projeto ministrou 4 (quatro) mini-cursos em Eventos Científicos e co-orientou um trabalho de Iniciação Científica. De agosto a dezembro/2004, atuou como Professor Convidado nas disciplinas “Zoologia de Invertebrados II” e “Conservação de Áreas Naturais Marinhas” do Curso de Graduação em Ciências Biológicas, com Habilitações em Biologia Marinha e Gerenciamento Costeiro (UNESP São Vicente), e em março/2005 foi aprovado em Concurso Público como Professor Substituto junto ao Instituto de Ciências Exatas e Biológicas da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP-MG), para as disciplinas “Zoologia dos Invertebrados I e II”, “Invertebrados Marinhos”, “Biogeografia” e “Biodiversidade”.

Hoje, faço um momento de reflexão sobre a minha formação, pois acredito que ela vai além das páginas científicas e dos artigos publicados. A Pós-Graduação é mais do que as páginas contidas nesta Tese. O aprendizado começa com as pequenas atitudes tomadas a cada dia, cada passo, reflexão, acertos e erros. No decorrer de nossa formação temos a oportunidade de conhecer os mais diversos profissionais, linhas de pesquisa, didática, exemplos (positivos e negativos) e, desta forma, refletir, e avaliar aquilo que somos, e aquilo que queremos ser. Portanto, a Pós-Graduação, a Tese, ou mesmos os artigos, não são únicos em nossa formação. As etapas pelas quais passamos são parte viva deste aprendizado: o trabalho de campo, a convivência, a amizade, a formação de um grupo capaz de olhar para um objetivo comum, tudo isto é de fundamental importância. Infelizmente não há só alegria, também encontramos situações difíceis, tempestades, e pessoas que se preocupam mais em destruir do que construir. De modo especial, a Tese é durante este período, a nossa vida: pessoal e profissional que se misturam a cada dia. Muitas vezes a vida nos impõe obstáculos, dificuldades, perdas: sensação de fracasso e insegurança. No entanto, nada é mais forte do que a força que está dentro de cada um de nós: vontade de vencer, de lutar, de acreditar num mundo melhor, e a certeza de agir com coerência, honestidade, caráter e sinceridade. Certeza de missão cumprida, de aprender a cada dia. Paz para caminhar, aprender a cada lição, e sempre continuar trilhando nosso caminho, independente daquilo que aconteça. Os obstáculos? eles foram feitos para serem vencidos. Em todas as situações da vida podemos aprender, e que este aprendizado seja o melhor possível, que nos leve a crescer, a superar novos obstáculos, a ser feliz e a sorrir sempre, **por que o melhor da vida é viver!**

*Dedico esta Tese àqueles
que com seu exemplo
de força e superação
me deram a principal
das formações: o caráter e a
força para vencer os obstáculos:*

*Aos meus pais Angela e Rui,
que em todos os momentos lutaram,
incentivaram, e abriram mão dos seus sonhos,
para que este se tornasse realidade.*

*Ao meu irmão Rui Alexandre
pela certeza de uma amizade forte e verdadeira*

*E, com todo meu amor,
Aos meus sobrinhos,
Rafael e Raul (in memorian)*

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Marcelo Antonio Amaro Pinheiro, pela acolhida, orientação, determinação e por toda estrutura fornecida. Agradeço, acima de tudo, pela amizade, dedicação, confiança, oportunidades e incentivo em todos os momentos.

Aos meus pais, Rui e Angela, e ao Rui Alexandre e Rafael, pelo incentivo, apoio, e pela compreensão pelos longos períodos de ausência física. Pela força e perseverança em todos os momentos que vivemos durante esta etapa.

À FAPESP pela bolsa de estudos concedida (Proc.#02/11580-3), pelo financiamento do Projeto Uçá II (Proc.#02/05614-2), e pela autorização para o desenvolvimento das atividades didáticas. Ao assessor “ad-hoc” pelas valiosas sugestões no decorrer do Projeto.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (Produção Animal), na pessoa de seu coordenador Prof. Dr. Renato Furlan, pelas facilidades oferecidas.

Ao Gustavo Hattori, pela amizade, acolhida, apoio e parceria durante estes anos. Ao Bruno Sant’Anna pela amizade, incentivo e por todo auxílio. Este trabalho não seria possível se não houvesse um grupo verdadeiro, que se formou com base na amizade, humildade, respeito e confiança, e que atuou junto em todas as fases do Projeto. Meus sinceros agradecimentos aos membros do CRUSTA: Gustavo, Bruno, Daiane, Marcela, Camila, Karina, Alison, Felipe, Josimara, Cilene, César, Tatiane, Vanessa, Bruno Sayão e Renato, pela convivência, amizade, companheirismo, e por todo auxílio nas coletas de campo, experimentos e análises de laboratório.

Ao Leonardo, Thais, Alessandra, Daniel, Lys, Daniela Bacconi, Ana Gláucia, Jussara, Laura, Marina, Juliana e Stella, pela amizade verdadeira, apoio, incentivo, e por compartilhar todos os momentos, independente do tempo e distância.

Aos Professores da UNESP São Vicente: Augusto Flores, Tânia Costa, Otto Bismarck, Denis Abessa, Christiano Magini, Áurea Ciotti e Mário Rollo, pelo incentivo, amizade, pelas discussões sobre ética e filosofia que muito contribuíram na minha formação, e por todas as sugestões e oportunidades.

A todos os funcionários da UNESP São Vicente pela acolhida e pelas facilidades oferecidas. De modo especial ao amigo Wagner Villano, pelo apoio e auxílio. Aos alunos da UNESP São Vicente pela convivência neste ambiente tão “familiar”, e aos que atuaram junto ao projeto, pelo auxílio.

Aos funcionários do IBAMA da Área de Proteção Ambiental Cananéia-Iguape-Peruíbe (APA-CIP) pelo apoio concedido ao projeto.

Ao Gustavo Hattori, Alessandra Fidelis e James Lee, pelas valiosas discussões sobre as análises estatísticas e de PCoA, e pela leitura crítica e sugestões ao texto.

Aos membros da comissão examinadora da Tese, Profa. Dra. Flávia P. Zanotto, Prof. Dr. Gustavo A.S. Melo, Prof. Dr. Augusto A.V. Flores, Profa. Dra. Tânia M. Costa, pelas valiosas discussões e sugestões ao presente trabalho.

Aos membros da banca examinadora da qualificação, Profa. Dra. Lucia Tavares, Profa. Dra. Maria Célia Portella, Prof. Dr. Silvano Bianco, e Profa. Dra. Hirasilva Souza, pelas sugestões e correções apresentadas.

A Profa. Dra. Sandra Ceccato-Antonini pelo incentivo e pelas análises microbiológicas. Aos Funcionários do Depto de Solos e Adubos da FCAV, UNESP Jaboticabal pelas análises de nutrientes.

Ao Depto. de Ciências Biológicas do ICEB-UFOP, pela acolhida e pelas facilidades oferecidas para a finalização deste trabalho. De modo especial, aos amigos Maria Vianna e Rômulo Ribon, pelo apoio e amizade.

À Maria Conceição e à Camila Mayumi pelo auxílio na normatização das Referências Bibliográficas.

À Dra. Cecília Guerrero-Ocampo pelas discussões e sugestões na fase inicial deste projeto.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, o meu muito obrigado!

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
CAPÍTULO 2 – COMPOSIÇÃO E ABUNDÂNCIA DA SERRAPILHEIRA EM DIFERENTES BOSQUES DE MANGUE DE IGUAPE (SP)	
Resumo	19
Introdução	20
Material e Métodos	21
Resultados	26
Discussão	34
Referências	36
CAPÍTULO 3 – CARACTERIZAÇÃO SAZONAL DOS POLIFENÓIS E NUTRIENTES EM FUNÇÃO DA MATURAÇÃO FOLIAR DAS PRINCIPAIS ESPÉCIES ARBÓREAS DE MANGUE NA REGIÃO DE IGUAPE (SP)	
Resumo	40
Introdução	41
Material e Métodos	43
Resultados	45
Discussão	64
Referências	68

CAPÍTULO 4 – VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA FREQUÊNCIA E HÁBITO ALIMENTAR DO CARANGUEJO-UÇÁ *Ucides cordatus* (LINNAEUS, 1763) (CRUSTACEA, OCYPODIDAE) E SUA INFLUÊNCIA NA ENGORDA DOS ANIMAIS, EM MANGUEZAIS DA REGIÃO DE IGUAPE (SP)

Resumo	72
Introdução	73
Material e Métodos	75
Resultados	78
Discussão	88
Referências	92

CAPÍTULO 5 – PREFERÊNCIA ALIMENTAR DO CARANGUEJO-UÇÁ *Ucides cordatus* (LINNAEUS, 1763) (CRUSTACEA, OCYPODIDAE)

Resumo	96
Introdução	97
Material e Métodos	99
Resultados	103
Discussão	112
Referências	118

CAPÍTULO 6 – IMPLICAÇÕES 122

**ECOLOGIA TRÓFICA DO CARANGUEJO-UÇÁ *Ucides cordatus* (LINNAEUS, 1763)
(CRUSTACEA, OCYPODIDAE) E O FLUXO DE NUTRIENTES EM BOSQUES DE
MANGUE, NA REGIÃO DE IGUAPE (SP)**

RESUMO – O presente trabalho avaliou a ecologia trófica do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), na região de Iguape (SP), relacionando a variação espaço-temporal da composição química e disponibilidade da serrapilheira, com a dieta natural e preferência alimentar desta espécie. As folhas de mangue apresentaram distinto valor nutricional (*Avicennia schaueriana* > *Rhizophora mangle* > *Laguncularia racemosa*), com forte influência da maturação foliar. A contribuição das folhas na serrapilheira apresentou variação espacial, de acordo com o bosque analisado. Naquele com baixo grau de inundação e dominância de *L. racemosa*, a abundância/valor nutricional da serrapilheira foi reduzida, com os animais apresentando maior frequência de ingestão de alimento e menor grau de engorda. No entanto, nas áreas com dominância de *A. schaueriana* e *R. mangle* a serrapilheira foi mais abundante, composta principalmente pela espécie vegetal dominante, e com os animais da última apresentando maior taxa de engorda devido à maior disponibilidade de alimento/nutrientes. As folhas e propágulos foram os principais itens da dieta natural, com baixa importância dos grupos animais, mas elevada quantidade de matéria orgânica dissolvida. No início, a seleção de folhas pelos caranguejos ocorreu em função do estágio de maturação foliar, além de interação com as espécies arbóreas, o que esteve diretamente associado à constituição química foliar. A disponibilidade e o valor nutricional das folhas de mangue apresentaram forte influência sobre o ciclo de vida do caranguejo-uçá, sendo sua redução um fator limitante ao seu crescimento.

Palavras-Chave: Composição química, Crustacea, Dieta, Manguezal, Serrapilheira, *Ucides*

TROPHIC ECOLOGY OF THE MANGROVE CRAB *Ucides cordatus* (LINNAEUS, 1763) (CRUSTACEA, OCYPODIDAE) AND THE NUTRIENT CYCLING AT MANGROVE STANDS IN IGUAPE REGION (SP)

SUMMARY – The trophic ecology of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) was evaluated in Iguape region (SP), relating the spatial and seasonal variations of mangrove leaf nutrients and litter availability with the natural diet and feeding preferences of this crab. Mangrove leaves presented different nutritional values (*Avicennia schaueriana* > *Rhizophora mangle* > *Laguncularia racemosa*), with great influence of the senescence process. Spatial difference was found for the leaves in the litter according to the mangrove stands. At mangrove area of low inundation and dominance of *L. racemosa*, the litter abundance and nutritional values were reduced, with crabs feeding more frequently but with lower weight gain. However, at areas with *A. schaueriana* and *R. mangle* dominance, litter was more abundant, mainly compounded by the dominant mangrove species, with crabs of the latter area showing more weight gain due to the greater availability of food and nutrients. Leaves and propagules were the main food items, with low importance of animal groups, but a greater amount of dissolved organic matter was found. Initially, the leaf selection by the crabs occurred in function of the leaf maturation, besides the interaction with arboreous species, and directly associated with leaf nutrient composition. The availability and the nutritional value of mangrove leaves were found to influence greatly the life cycle of the *Ucides* crabs, being a limiting factor in their growth.

Keywords: Nutritional values, Crustacea, Diet, Mangrove, Litter, *Ucides*

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

O manguezal é um ecossistema característico de áreas estuarinas, ocupando aproximadamente 70% da área costeira tropical, e apresentando grande importância na manutenção da estabilidade da orla litorânea e no desenvolvimento do solo (TWILLEY *et al.*, 1995; CONDE *et al.*, 2000). Este ambiente é constituído por reduzida diversidade florística, denominada mangue, que é adaptada morfofisiologicamente a sobreviver em águas salobras e substratos inconsolidados com baixa concentração de oxigênio (SCHAEFFER-NOVELLI *et al.*, 2000), além de abrigar uma grande abundância de microrganismos e da fauna.

A dinâmica deste ecossistema é diretamente influenciada pela interação entre a biota e as características ambientais. Os padrões edáficos, geomorfológicos, composição vegetal e fatores abióticos, como influência das marés, temperatura, intensidade luminosa e umidade relativa, influenciam diretamente na abundância e distribuição espacial dos microrganismos, bem como da meiofauna e macrofauna (TAKEDA & KURIHARA, 1987; FRUSHER *et al.*, 1994; NOBBS, 2003; NETTO & GALLUCCI, 2003; MORRISEY *et al.*, 2003; REINSEL, 2004). A densidade populacional da macrofauna pode variar com a composição granulométrica e teor de matéria orgânica associado ao sedimento (ICELY & JONES, 1978; EWA-OBOHO, 1993; FRUSHER *et al.*, 1994; MOUTON & FELDER, 1996; MORRISEY *et al.*, 1999; RIBEIRO *et al.*, 2005), com a disponibilidade/abundância de alimento, e em função do predomínio vegetal no ambiente (GENONI, 1991; MATSUMASA *et al.*, 1992; NORMANN & PENNING, 1998).

O manguezal é um ecossistema de alta produtividade, apresentando considerável importância no ciclo de nutrientes, influenciando os ambientes estuarinos e costeiros adjacentes (LEE, 1995; SCHWAMBORN *et al.*, 2002; JENNERJAHN & ITTEKKOT, 2002). Apesar de sua alta produtividade e riqueza em matéria orgânica, o manguezal pode ser considerado um ecossistema oligotrófico e, de modo geral, com baixa disponibilidade de N e P (FELLER, 1995; KANDIL *et al.*, 2004). Segundo HOULGUIN *et al.* (2001), este paradoxo pode ser explicado por um eficiente sistema de

reciclagem de nutrientes, onde aqueles essenciais e escassos são retidos e reabsorvidos, enquanto outros são reciclados das folhas em processo de decomposição.

A diversidade e abundância da biomassa disponível sobre o sedimento nos manguezais, importantes ao processo de decomposição e reciclagem de nutrientes, variam em função da composição dos bosques, do material trazido de áreas adjacentes pelos rios, da exportação de detritos pelas marés, e de seu consumo pela macrofauna (TWILLEY *et al.*, 1986; ALONGI, 1997; SHERMAN *et al.*, 2003). De modo geral, as folhas das árvores de mangue são o principal constituinte da serrapilheira (TWILLEY *et al.*, 1997; CLOUGH *et al.*, 2000), cuja degradação produz detritos em ativo processo de decomposição e, finalmente, em matéria orgânica (HOULGUIN *et al.*, 2001).

A taxa de decomposição microbiana da serrapilheira depende de vários fatores, entre os quais a temperatura, pH, disponibilidade de oxigênio, grau de inundação, tamanho e composição dos detritos, bem como a abundância e composição dos microrganismos (ALONGI, 1997). Desta forma, durante este processo iniciado logo após a abscisão foliar, os detritos são colonizados por bactérias, fungos, protozoários e algas, que provêm enriquecimento nutricional a estas partículas orgânicas (ALONGI, 1997; HOULGUIN *et al.*, 2001; NIELSEN & ANDERSEN, 2003).

A fauna de manguezal atua diretamente nas folhas que caem sobre o sedimento, influenciando a formação dos detritos através de seu hábito alimentar. Algumas espécies animais fragmentam a matéria vegetal, o que aumenta sua área superficial, otimiza a colonização e decomposição das partículas não digeridas e suas fezes, e enriquece o sedimento deste ambiente (SKOV & HARTNOLL, 2002). Entre os grupos animais que atuam no consumo e retirada da serrapilheira, os crustáceos correspondem a um dos taxa mais importantes, devido à sua elevada biomassa, papel bioturbador, e atuação no fluxo energético (KOCH, 1999; CONDE *et al.*, 2000; WOLFF *et al.*, 2000; AMOUROUX & TAVARES, 2005).

Muitos crustáceos de manguezal escavam galerias e carregam as folhas da serrapilheira para o seu interior, tornando-se importantes à manutenção de grande parte do N e P nos manguezais pela diminuição da quantidade disponível à exportação

(ALONGI, 1997). Além disso, segundo BERTNESS (1985), a formação das galerias aumenta a drenagem e potencial de oxi-redução do sedimento, pois o aumento da oxigenação influencia o ciclo do nitrogênio e otimiza o processo de denitrificação da água e do solo, haja vista que as bactérias nitrificantes são aeróbias (WOLFRATH, 1992).

Além da importância ecológica ao processo de reciclagem dos nutrientes, o consumo da serrapilheira pelos caranguejos mostra-se essencial ao ciclo de vida dos animais por ser sua principal fonte de alimento. Embora nos manguezais as folhas possuam maior disponibilidade do que as espécies animais sujeitas à predação, seu valor nutricional é baixo e de difícil digestão (WOLCOTT & O'CONNOR, 1992; MICHELI, 1993; KWOK & LEE, 1995; GREENAWAY & LINTON, 1995; ASHTON, 2002). Além disso, estas plantas apresentam uma série de adaptações contra a herbivoria, a exemplo das trocas químicas relacionadas ao decréscimo nos níveis de nutrientes e síntese de metabólitos secundários.

Devido ao baixo valor nutricional das folhas e o requerimento energético diferenciado em função do ciclo de vida dos crustáceos (p. ex., reprodução, muda, crescimento), sua composição química e biomassa disponível sobre o sedimento (serrapilheira), podem limitar o desenvolvimento dos braquiúros tipicamente herbívoros. Recentemente alguns estudos têm sido realizados sobre a distribuição da vegetação, composição química das folhas e seu consumo por grapsídeos de manguezal (EMMERSON & MCGWYNNE, 1992; SLIM *et al.*, 1997; SOUSA & MITCHELL, 1999; HERNES *et al.*, 2001; GUERRERO-OCAMPO, 2002; SKOV & HARTNOLL, 2002). No entanto, os estudos relacionados aos crustáceos semiterrestres demonstram um grande paradoxo frente a capacidade de digestão e utilização dos recursos alimentares, pois os Gecarcinidae são capazes de digerir matéria vegetal (GREENAWAY & LINTON, 1995; GREENAWAY & RAGHAVEN, 1998), o mesmo não sendo válido para os Grapsoidea (SKOV & HARTNOLL, 2002).

Segundo GIDDENS *et al.* (1986) e NASCIMENTO (1993), o comportamento de carregar folhas para o interior das galerias pelos caranguejos é considerado um processo facilitador da decomposição por microrganismos, que por sintetizarem várias

substâncias neste processo podem promover seu enriquecimento nutricional antes da ingestão por estes animais. No entanto, esta inferência é resultado simples da observação deste comportamento, sem qualquer confirmação do consumo destas folhas. Esta hipótese é denominada “Hipótese do Envelhecimento Foliar” por SKOV & HARTNOLL (2002), que mencionam a insuficiência de nutrientes nesta fonte de alimento ao requerido pelos animais, apesar do enriquecimento pelos microrganismos.

Entretanto, estudos prévios mostram que grande quantidade de detritos é consumida pela fauna de manguezal no início do processo de decomposição, contrariando a “Hipótese do Envelhecimento Foliar” (ALONGI, 1997). Embora as folhas de mangue correspondam ao principal item alimentar destes animais (LEE, 1989; MICHELI, 1993), estudos revelaram a ingestão de sedimento pelos caranguejos (CAMILLERI, 1992; KWOK & LEE, 1995). Segundo SKOV & HARTNOLL (2002), após o consumo e fragmentação das folhas, os animais estariam agilizando o processo de decomposição e enriquecimento do substrato, transformando o sedimento no recurso alimentar do qual estariam absorvendo os nutrientes.

Em relação aos Ocypodidae, os caranguejos do gênero *Uca* são conhecidamente detritívoros, manipulando os grânulos do sedimento de manguezal e deles extraíndo a matéria orgânica com cerdas modificadas presentes em seus apêndices bucais (MACINTOSH, 1988; COSTA & NEGREIROS-FRANSOZO, 2001; COLPO, 2005). Desta forma, segundo KOCH (1999), estes animais estariam assimilando principalmente as bactérias que colonizam a matéria orgânica, utilizando uma fonte de fácil digestão, cuja produção depende de espécies herbívoras que atuam no enriquecimento do solo, a exemplo do caranguejo-uçá. De acordo com este mesmo autor, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) apresenta uma estratégia distinta de *Uca* spp., se alimentando das folhas de mangue, que apesar de sua alta e constante disponibilidade, apresenta reduzido valor nutricional e difícil digestão.

Segundo a bibliografia, *U. cordatus* se alimenta principalmente de vegetais e matéria orgânica em decomposição (COSTA, 1979; GERALDES & CALVENTI, 1983; BRANCO, 1993; NASCIMENTO, 1993; IVO & GESTEIRA, 1999). De acordo com NASCIMENTO (1993), as folhas de mangue são carregadas pelo caranguejo-uçá até a

galeria, onde sofrem o processo de decomposição por fungos e bactérias. Este processo se assemelha à “Hipótese do Envelhecimento Foliar”, embora não exista qualquer estudo sistemático que descreva a preferência alimentar dos animais e sua capacidade de digestão de matéria vegetal.

Os caranguejos braquiúros dominam, junto com os moluscos, a macrofauna de invertebrados de manguezal (BERRY, 1972). Os Ocypodidae e Grapsoidea, por sua vez, destacam-se pela riqueza de espécies e biomassa, que supera a dos demais organismos do ambiente (GOLLEY *et al.*, 1962). O caranguejo-uçá corresponde ao principal componente da macrofauna dos manguezais da costa brasileira com grande influência no processamento da serrapilheira e, desta forma, com grande importância no fluxo energético do manguezal (KOCH, 1999).

De acordo com MELO (1996), *U. cordatus* é um caranguejo semiterrestre distribuído no Oceano Atlântico Ocidental, desde a Flórida (EUA) até o Estado de Santa Catarina (Brasil), ocupando preferencialmente áreas de manguezal com sedimento lodoso. Este caranguejo destaca-se por seu grande porte e importância econômica, sendo um dos principais recursos pesqueiros no Brasil, particularmente nas regiões norte e nordeste (FAUSTO-FILHO, 1968), o que tem gerado expressivo impacto sobre suas populações naturais.

Vários produtos de importância econômica podem ser extraídos comercialmente dos braquiúros, dentre eles: o isolamento de quitina do exosqueleto para produção de anticoagulantes, cosméticos, emulsões fotográficas e adesivos, além da utilização das vísceras e resíduos da carne para a produção de fertilizantes ou rações (HAEFNER, 1985). No entanto, a carne ainda é o principal produto de comércio, possuindo conteúdo protéico de alto valor biológico e fácil digestão, bem como suprimento vitamínico (GASPAR, 1981). Segundo FISCARELLI (2004), a carne do caranguejo-uçá possui excelente valor nutritivo, com elevada taxa protéica e reduzida de lipídios.

Embora seja uma espécie de grande importância ecológica e econômica, poucos são os artigos que tratam de aspectos biológicos de *U. cordatus*, sendo na maioria relacionados à sua fisiologia respiratória e equilíbrio osmótico (MOTA-ALVES & MADEIRA-JÚNIOR, 1980; SANTOS *et al.*, 1985; SANTOS & SALOMÃO, 1985;

SANTOS *et al.*, 1986; TURRIN *et al.*, 1992; HARRIS & SANTOS, 1993a,b; SANTOS & COSTA, 1993; MARTINEZ *et al.*, 1999; SANTOS, 2002). Além disso, são encontrados alguns estudos sobre seus aspectos bio-ecológicos (MOTA-ALVES, 1975; ALCÂNTARA-FILHO, 1978, 1982; COSTA, 1979; SANTOS & GARCIA-MENDES; 1982; GERALDES & CALVENTI, 1983; RODRIGUES & HEBLING, 1989; BRANCO, 1993; NASCIMENTO, 1993; ABRUNHOSA, 2002; ALVES & NISHIDA, 2003; GLASER & DIELE, 2004).

A expressiva diminuição deste recurso nos manguezais do norte e nordeste do país tem preocupado os órgãos gestores, que indicaram a premência de estudos sistemáticos relacionados à viabilidade técnico-econômica de seu cultivo e sobre seus estoques pesqueiros (OSTRENSKY *et al.*, 1995; BLANKENSTEYN *et al.*, 1997; SOUZA, 1999; BOTELHO *et al.*, 1999; IVO & GESTEIRA, 1999; IVO *et al.*, 1999; VASCONCELOS *et al.*, 1999; GÓES *et al.*, 2000; RODRIGUES *et al.*, 2000; DIELE, 2000). No litoral sul do Estado de São Paulo, os processos reprodutivos (HATTORI & PINHEIRO, 2003; PINHEIRO & HATTORI, 2003; PINHEIRO *et al.*, 2003) e de crescimento (PINHEIRO & FISCARELLI, 2001; PINHEIRO *et al.*, 2005) foram descritos, revelando um crescimento lento para esta espécie, confirmando os estudos de DIELE (2000) nos manguezais do Pará. Segundo estes autores, o tamanho comercial da espécie é atingido entre 6 e 8 anos de idade, evidenciando maior preocupação com este recurso pesqueiro.

Segundo BRANCO (1993), NASCIMENTO (1993) e KOCH (1999), *U. cordatus* alimenta-se principalmente de folhas, implicando que a reduzida taxa de crescimento observada por PINHEIRO *et al.* (2005) pode ser decorrente do valor nutricional do alimento, combinado à sua disponibilidade sobre o sedimento. De modo geral, os artrópodos podem ter seu crescimento limitado ou cessado por ingestão de uma dieta rica em tanino (FLECK & LAYNE, 1990), como verificado para *Cardisoma ganhum* Latreille, 1825, quando alimentado com reduzida fonte de nitrogênio (WOLCOTT & WOLCOTT, 1987).

Ucides cordatus não apresenta qualquer adaptação morfológica para escalar as árvores do manguezal e se alimentar de seus brotos ou folhas verdes, ao contrário do

que ocorre com o grapsídeo *Aratus pisonii* (H. Milne Edwards, 1837). O caranguejo-uçá limita-se a utilizar apenas as folhas senescentes disponíveis sobre o sedimento do manguezal, requerendo estudos quantitativos sobre a variação tempo-nutricional deste item alimentar. A inexistência destes dados na literatura impede qualquer inferência sobre a dieta no ciclo de vida destes animais, principalmente que permita particionar seu ciclo anual em uma época de crescimento e outra reprodutiva (DIELE, 2000).

Nos crustáceos decápodos a dieta pode variar em função dos diferentes processos de tomada de alimento, que podem ser específicos (predação, filtração, herbivoria) ou genéricos (oportunistas), apresentando íntima associação com o ambiente ocupado. O conhecimento da dieta natural é um dos requisitos básicos para a análise das relações intra e interespecíficas num ecossistema, da posição dos organismos na cadeia trófica, na transferência energética, e no estabelecimento das necessidades nutricionais visando otimizar o cultivo (WILLIAMS, 1981).

Embora seja uma espécie de grande interesse econômico, *U. cordatus* ainda não é criado em cativeiro por apresentar reduzida taxa de crescimento, o que maximiza os gastos devido ao tempo necessário para atingir o tamanho comercial (HATTORI, 2002). A formulação de dietas especiais para otimizar o crescimento e potencializar o processo reprodutivo em cativeiro, facilitaria a exploração industrial desta espécie, além de auxiliar a conservar os estoques pesqueiros naturais, que têm decaído por influência antrópica. No entanto, para a formulação de rações específicas e determinação da influência do alimento no crescimento dos animais é necessário inicialmente o conhecimento de seus hábitos alimentares naturais.

Com base no exposto, a hipótese principal a ser testada no presente estudo é a influência da alimentação no ciclo de vida do caranguejo-uçá, bem como sua relação com o fluxo de nutrientes em áreas de manguezal. Para isso, é necessária a quantificação do alimento disponível e análise de sua composição química, pois estes dados são escassos na literatura e ausentes para a região de Iguape (SP). Durante 2003 e 2004, foram realizadas coletas mensais para caracterização de diferentes bosques de mangue da Área de Proteção Ambiental Cananéia-Iguape-Peruíbe (APA/CIP), para conhecimento da influência dos fatores ambientais sobre a densidade

populacional, possibilitando um grande aporte informativo sobre esta região. Foram observados diferentes bosques de mangue com características fisiográficas distintas, que foram caracterizadas para testar a hipótese da influência da variação espacial, em micro-escala, e das características ambientais na alimentação e engorda natural dos animais.

Referências

- ABRUNHOSA, F.A.; SILVA NETO, A.A.; MELO, M.A.; CARVALHO, L.O. Importância da alimentação e do alimento no primeiro estágio larval de *Ucides cordatus cordatus* (Linnaeus, 1763) (Decapoda: Ocypodidae). **Revta. Ciên. Agro.**, v. 33, n. 2, p. 5-12, 2002.
- ALCÂNTARA-FILHO, P. Contribuição ao estudo da biologia e ecologia do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Decapoda, Brachyura) no manguezal do Rio Ceará (Brasil). **Arq. Cien. Mar**, v. 18, n. 1/2, p. 1-41, 1978.
- ALCÂNTARA-FILHO, P. **Diversificação intraespecífica do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea - Decapoda - Brachyura), entre os manguezais dos Rios Pará, Estado do Pará e Pomonga, Estado de Sergipe (Brasil): 00° 41'S – 10° 40'S**. 1982. 192 f. Tese (Doutorado em Ciências – Área de Oceanografia Biológica) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- ALONGI, D. M. **Coastal ecosystem processes**. London: CRC Press, 1997. 419 p.
- ALVES, R.R.N. & NISHIDA, A.K. Aspectos socioeconômicos e percepção ambiental dos catadores de caranguejo-uçá *Ucides cordatus cordatus* (L. 1763) (Decapoda, Brachyura) do Estuário do Rio Mamanguape, Nordeste do Brasil. **Interciência** v. 28, n 1, p. 36-43. 2003
- AMOUREUX, J.M. & TAVARES, M. Natural recovery of Amazonian mangrove forest as revealed by brachyuran crab fauna: preliminary description. **Vie et Milieu-Life and Environment**. v.55, n 2, p. 71-79. 2005.

- ASHTON, E.C. Mangrove sesarmid crab feeding experiments in Peninsular Malaysia. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.**, v. 273, p. 97-119, 2002.
- BERRY, A.J. The natural history of west Malayan mangrove faunas. **Malay. Nat. J.**, v. 25, p. 135-162, 1972.
- BERTNESS, M.D. Fiddler crab regulation of *Spartina alterniflora* production on a New England salt marsh. **Ecology**, v. 66, n. 3, p. 1042-1055, 1985.
- BOTELHO, E.R.O.; DIAS, A. F.; IVO, C.T.C. Estudo sobre a biologia do caranguejo-uçá *Ucides cordatus cordatus* (Linnaeus, 1763), capturado nos estuários dos Rios Formoso (Rio Formoso) e Ilhetas (Tamandaré), no estado de Pernambuco. **Bol. Tec. Cient. do CEPENE**, v. 7, n. 1, p. 117-145, 1999.
- BRANCO, J.O. Aspectos ecológicos do caranguejo *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Decapoda) do manguezal do Itacorubi, Santa Catarina, Brasil. **Arq. Biol. Tecnol.**, v. 36, n. 1, p. 133-148, 1993.
- CAMILLERI, J.C. Leaf choice by crustaceans in a mangrove forest in Queensland. **Mar. Biol.**, v. 102, p. 453-459, 1989.
- CLOUGH, B.F.; TAN, D.T.; PHUONG, D.X. Canopy leaf area index and litter fall in stands of the mangrove *Rhizophora apiculata* of different age in the Mekong Delta, Vietnam. **Aquat. Bot.**, v. 66, n. 4, p. 311-320, 2000.
- COLPO, K. D. **Morfologia de apêndices alimentares de caranguejos do gênero *Uca* Leach, 1814 (Crustacea: Ocypodidae) e sua implicação na extração de alimentos a partir de substratos distintos**. 2005. 151 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas – Área de Zoologia) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- CONDE, J.E.; TOGNELLA, M.M.P.; PAES, E.T. Population and life history features of the crab *Aratus pisonii* (Decapoda : Grapsidae) in a subtropical estuary. **Interciência** v. 25 n.3, p. 151-158, 2000.
- COSTA, R. S. D. Bioecologia do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) - Crustáceo, Decápode - no Nordeste Brasileiro. **Bol. Cear. Agron.**, v. 20, p. 1-74, 1979.

- COSTA, T.M.; NEGREIROS-FRANSOZO, M.L. Morphological adaptation of the second maxiliped in semiterrestrial crabs of the genus *Uca* Leach, 1814 (Decapoda, Ocypodidae) from a subtropical Brazilian mangrove. **Nauplius**, v. 9, n. 2., p. 123-131, 2001
- DIELE, K. **Life History and Population Structure of the Exploited Mangrove Crab *Ucides cordatus cordatus* (Linnaeus, 1763) (Decapoda: Brachyura) in the Caeté Estuary, North Brazil.** 2000. 116 f. Tese (Doutorando). Universidade de Bremen, Bremen.
- EMMERSON, W.D.; MCGWYNNE, L.E. Feeding and assimilation of mangrove leaves by the crab *Sesarma meinerti* de Man in relation to leaf-litter production in Mgazana, a warm-temperate southern African mangrove swamp. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.**, v. 157, p. 41-53, 1992.
- EWA-OBOHO, I.O. Substratum preference of the tropical estuarine crabs, *Uca tangeri* Eydoux (Ocypodidae) and *Ocypode cursor*. **Hidrobiologia** v. 271 p. 119-127, 1993.
- FAUSTO-FILHO, J. Crustáceos decápodos de valor comercial ou utilizados como alimento no nordeste brasileiro. **Biol. Soc. Cear. Agron.**, v. 9, p. 27-28, 1968.
- FELLER, I. C. Effects of nutrient enrichment on growth and herbivory of dwarf red mangrove (*Rhizophora mangle*). **Ecol. Monogr.**, v. 65, n. 4, p. 477-505, 1995.
- FISCARELLI, A.G. **Rendimento, Análise Químico-Bromatológica da carne e fator de condição do caranguejo-uçá *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae).** 2004. 92 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia – Área de Produção Animal) – Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- FLECK, D.C.; LAYNE, J. N. Variation in tannin activity of acorns of seven species of central Florida oaks. **J. Chem. Ecol.**, v. 16, p. 2925-2934, 1990.
- FRUSHER, S.D.; GIDDENS, R.L.; SMITH, T.J. Distribution and abundance of grapsid crabs (Grapsidae) in a mangrove estuary – effects of sediment characteristics, salinity tolerances and osmoregulatory ability. **Estuaries** v. 17, n. 3, p. 647-654, 1994.

- GASPAR, M. H. **Contribuição ao estudo biológico do “siri” *Callinectes danae* Smith, 1869 (Decapoda - Portunidae) do Rio Itiberê (Paranaguá - Paraná).** 1981. 105 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- GENONI, G.P. Increased burrowing by fiddler crabs *Uca rapax* (Smith) (Decapoda: Ocypodidae) in response to low food supply. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** v.147, p. 267-285, 1991.
- GERALDES, M. G.; CALVENTI, I. B. Estudios experimentales para el mantenimiento en cautiverio del cangrejo *Ucides cordatus*. **Ciênc. Interamer.** v. 23, n. 4, p. 41-53, 1983.
- GIDDENS, R.L.; LUCAS, J.S.; NEILSON, M.J.; RICHARDS, G.N. Feeding ecology of the mangrove crab *Neosesamatum smithi* (Crustacea: Decapoda: Sesarmidae). **Mar. Ecol. Prog. Ser.** v. 33, p. 147-155, 1986.
- GLASER, M.; DIELE, K. Asymmetric outcomes: assessing central aspects of the biological, economic and social sustainability of a mangrove crab fishery, *Ucides cordatus* (Ocypodidae), in North Brazil. **Ecol. Econ.**, v. 49, n. 3, p. 361-373, 2004.
- GÓES, P.; SAMPAIO, F.D.F; CARMO, T.M.S; TÔSO, G.C.; LEAL, M.S. Comportamento e períodos reprodutivos do caranguejo do mangue *Ucides cordatus*. In: *Simpósio de Ecossistemas Brasileiros: Conservação, 5.*, 2000, Vitória, ES. Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 2000, p. 335-348. (Publicações ACIESP, n. 109, v. 2).
- GOLLEY, F.; ODUM, H. T.; WILSON, R. F. The structure and metabolism of a Puerto Rican Red Mangrove Forest in May. **Ecology**, v. 43, p. 9-19, 1962.
- GREENAWAY, P.; LINTON, S.M. Dietary assimilation and food retention time in the herbivorous terrestrial crab *Gecarcoidea natalis*. **Physiol. Zool.** v. 68, n. 6, p. 1006-1028, 1995.
- GREENAWAY, P.; RAGHAVEN, S. Digestive Strategies in two species of Leaf-Eating land crabs (Brachyura: Gecarcinidae) in a rain forest. **Physiol. Zool.**, v. 71, n. 1, p. 36-44, 1998.

- GUERRERO-OCAMPO, C.M. **Hábito alimentar em caranguejos grapsídeos de manguezais**. 2002. 148 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- HAEFNER, P.A., JR. The biology and exploration of crabs. *In*: Provenzano, A.J.Jr. (ed.), **The biology of Crustacea. Economic aspects: fisheries and culture**. New York: Academic Press, 1985. v. 10. p. 111-116.
- HARRIS, R.R.; SANTOS, M.C.F. Ionoregulatory and urinary responses to emersion in the mangrove crab *Ucides cordatus* and the intertidal crab *Carcinus maenas*. **J. Comp. Physiol. B**, v. 163, p. 18-27, 1993a.
- HARRIS, R.R.; SANTOS, M.C.F. Sodium uptake and transport (Na⁺ + K⁺) ATPase changes following Na⁺ depletion and low salinity acclimation in the mangrove crab *Ucides cordatus* (L.). **Comp. Biochem. Physiol.** v. 105A, n. 1, p. 35-42, 1993b.
- HATTORI, G.Y. 2002. **Biologia populacional do caranguejo de mangue *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae) em Iguape (SP)**. 2002. 82 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia – Área de Produção Animal) – Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- HATTORI, G.Y. & PINHEIRO, M.A.A. Fertilidade do caranguejo de mangue *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae), em Iguape (SP), Brasil. **Revta Bras. Zool.**, v. 20, n. 2, p. 309-313. 2003.
- HERNES, P.J; BENNER, R; COWIE, G.L.; GOÑI, M. A.; BERGAMASCHI, B. A ; HEDGES, J. I. Tannin diagenesis in mangroves leaves from a tropical estuary: a novel molecular approach. **Geoch. Cosmo. Acta**, v. 65, p. 18, p. 3109-3122, 2001.
- HOLGUIN, G.; VAZQUEZ, P.; BASHAN, Y. The role of sediment microorganisms in the productivity, conservation, and rehabilitation of mangrove ecosystems: an overview. **Biol. Fert. Soils**, vol. 33, n. 4, p. 265-278, 2001.

- ICELY, J. D. & JONES, D. A. Factors affecting the distribution of the genus *Uca* (Crustacea: Ocypodidae) on an East African Shore. **Estuar. Coast. Shelf Sci**, v. 6, p. 315-325, 1978.
- IVO, C.T.C.; DIAS, A.F.; MOTA, R.I. Estudo sobre a biologia do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus cordatus* (Linnaeus, 1763), capturado no Delta do Rio Parnaíba, Estado do Piauí. **Bol. Téc. Cient. CEPENE**, v. 7, n. 1, p. 53-84, 1999.
- IVO, C.T.C.; GESTEIRA, T.C.V. Sinopse das observações sobre a bioecologia e pesca do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus cordatus* (Linnaeus, 1763), capturado em estuários de sua área de ocorrência no Brasil. **Bol. Téc. Cient. CEPENE**, v. 7, n. 1, p. 9-52, 1999.
- JENNERJAHN, T. C.; ITTEKKOT, V. Relevance of mangroves for the production and deposition of organic matter along tropical continental margins. **Naturwissenschaften**, v. 89, p. 23-30, 2002.
- KANDIL, F. E.; GRACE, M. H.; SEIGLER, D. S.; CHEESEMAN, J. M. Polyphenolics in *Rhizophora mangle* L. leaves and their changes during leaf development and senescence. **Trees**, v. 18, p. 518-528, 2004.
- KOCH, V. **Epibenthic production and energy flow in the Caeté mangrove estuary, North Brazil**. 1999. 97 f. Tese (Doutorado). Center for Tropical Marine Ecology, University Bremen.
- KWOK, P.W.; LEE, S.Y. The growth performance of two mangrove crabs, *Chiromanthes bidens* and *Parasesarma plicata* under different leaf litter diets. **Hidrobiologia**, v. 295, p. 141-148, 1995.
- LANKENSTEYN, A.; CUNHA-FILHO, D; FREIRE, A. S. Distribuição dos estoques pesqueiros e conteúdo protéico do caranguejo do mangue *Ucides cordatus* (L. 1763) (Brachyura, Ocypodidae) nos manguezais da Baía das Laranjeiras e Adjacências, Paraná, Brasil. **Arq. Biol. Tecnol.**, v. 40, n. 2, p. 331-349, 1997.
- LEE, S.Y. The importance of sesarminae crabs *Chiromanthes* ssp. and inundation frequency on mangrove (*Kandelia candel* Druce) leaf litter turnover in a Hong Kong tidal shrimp pond. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.**, v. 131, p. 23-43, 1989.

- LEE, S.Y. Mangrove outwelling – a review. **Hydrobiologia**, v. 295, n. 1-3, p. 203-212, 1995.
- MACINTOSH, D.J. The ecology and physiology of decapods of mangrove swamps. In: Fincham, A.A. & Rainbow, P.S. **Aspects of decapod crustacean biology**. Oxford Claredon Press, p. 315-341, 1988.
- MARTINEZ, C.B.R.; HARRIS, R. R.; M.C.F. SANTOS, M. C. F. Transepithelial potential differences and sodium fluxes in isolated perfused gills of the mangrove crab *Ucides cordatus*. **Comp. Biochem. Physiol.**, v. 120, n. 2, p. 227-236, 1999.
- MATSUMASA, M.; TAKEDA, S.; POOVACHIRANON, S.; MURAI, M. Distribution and shape of *Dotilla myctiroides* (Brachyura: Ocypodidae) burrow in the seagrass *Enhalus acoroides* zone. **Benthos Research**, v. 43, p. 1-9, 1992.
- MELO, G.A.S. **Manual de identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro**. São Paulo: Editora Plêiade, 1996. 604 p.
- MICHELI, F. Feeding ecology of mangrove crabs in North Eastern Australia: mangrove litter consumption by *Sesarma messa* and *Sesarma smithii*. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.**, v. 171, p. 165-186, 1993.
- MORRISEY, D. J.; DeWITT, T. H.; ROPER, D. S. & WILLIAMSON, R. B. Variation in the depth and the morphology of burrows of the mud crab *Helice crassa* among different types of intertidal sediment in New Zealand. **Mar. Ecol. Prog. Ser.**, v. 182, p. 231-242, 1999.
- MORRISEY, D.J.; SKILLETER, G.A.; ELLIS, J.I.; BURNS, B.R.; KEMP, C.E.; BURT, K. Differences in benthic fauna and sediment among mangrove (*Avicennia marina* var. *australasica*) stands of different ages in New Zealand. **Estuar. Coast. Shelf Sci** v. 56, p. 587-592, 2003.
- MOTA-ALVES, M.I. Sobre a reprodução do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus), em mangues do Estado do Ceará (Brasil). **Arq. Ciên. Mar.**, v. 15, n.2, p. 81-95, 1975.
- MOTA-ALVES, M.I., MADEIRA-JÚNIOR, P.H. Algumas considerações sobre a respiração do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea: Decapoda). **Arq. Ciên. Mar**, v. 20, n. 1/2, p. 63-69, 1980.

- MOUTON, E.C.; FELDER, D.L. Burrow distributions and population estimates for the fiddler crabs *Uca spinicarpa* and *Uca longisignalis* in a Gulf of Mexico Salt Marsh. **Estuaries**. v. 19 n. 1, p. 51-61, 1996.
- NASCIMENTO, S. A. Biologia do caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*). Aracajú: ADEMA (Administração Estadual do Meio Ambiente), 1993. p.13-45.
- NETTO, S.A.; GALLUCCI, F. Meiofauna and macrofauna communities in a mangrove from the Island of Santa Catarina, South Brazil. **Hydrobiologia**, vol. 505, n. 1-3, 2003.
- NIELSEN, T.; ANDERSEN, F. Phosphorus dynamics during decomposition of mangrove (*Rhizophora apiculata*) leaves in sediments. **J. Exp. Mar. Biol. and Ecol.** v. 293, p. 73-88, 2003.
- NOMANN, B.E.; PENNING, S.C. Fiddler crab-vegetation interactions in hypersaline habitats. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.**, vol. 225, n. 1, 53-68, 1998.
- OSTRENSKY, A.; STERNHAIN, U.S.; BRUN, E. ; WEGBECKER, F. X.; PESTANA, D. Análise da viabilidade técnico - econômica dos cultivos do caranguejo-uçá *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) no litoral paranaense. **Arq. Biol. Tecnol.**, v. 38, n. 3, p. 939-947, 1995.
- PINHEIRO, M.A.A.; FISCARELLI, A.G. **Manual de apoio à fiscalização do Caranguejo-Uçá (*Ucides cordatus*)**. Itajaí: IBAMA, 2001. 60 p.
- PINHEIRO, M.A.A. & HATTORI, G.Y. Embryology of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Brachyura, Ocypodidae). **J Crustacean Biol.**, v. 23, n. 3, p: 729-737. 2003.
- PINHEIRO, M.A.A.; BAVELONI, M.D. & TERCEIRO, O.S.L. Fecundity of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae) at Iguape, SP, Brazil. **Inv. Rep. Devel.**, v.43, n. 1, p. 19-26. 2003.
- PINHEIRO, M.A.A.; FISCARELLI, A.G.; HATTORI, G.Y. Growth of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Brachyura: Ocypodidae) at Iguape, SP, Brazil. **J. Crustacean Biol.**, EUA, v. 25, n. 2, p. 293-301. 2005.

- REINSEL, K.A. Impact of fiddler crab foraging and tidal inundation on an intertidal sandflat: season dependent effect in one tidal cycle. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** v. 313, p. 1-17, 2004.
- RIBEIRO, L.; ENGROLA, S.; DINIS, M.T. Weaning of Senegalese sole (*Solea senegalensis*) portlarvae to an inert diet with a co-feeding regime. **Ciencias Marinas**, v. 31, n. 2, p. 327-337, 2005.
- RODRIGUES, A.M.T.; BRANCO, E.J.; SACCARDO, S.A.; BLANKENSTEYN, A.A. exploração do caranguejo *Ucides cordatus* (Decapoda: Ocypodidae) e o processo de gestão participativa para normatização da atividade na região sudeste-sul do Brasil. **Bol. Inst. Pesca**, v. 26, n. 1, p. 63-78, 2000.
- RODRIGUES, M.D.; HEBLING, N.J. *Ucides cordatus cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Decapoda). Complete larval development under laboratory conditions and its systematic position. **Revta Bras. Zool.**, v. 6, n. 1, p. 147-166, 1989.
- SANTOS, M.C.F. Drinking and osmoregulation in the mangrove crab *Ucides cordatus* following the exposure to benzene. **Comp. Biochem. Physiol.**, v. 133A: 29-42, 2002.
- SANTOS, M.C.F.; COSTA, V.I. The short-term respiratory responses on three crabs exposed to water-air media. **Comp. Biochem. Physiol.**, v. 104A, n. 4, p. 785-791, 1993.
- SANTOS, M.C.F.; ENGELFTEIN, M.; GABRIELLI, M.A. Relationships concerning respiratory devices in crabs from different habitats. **Comp. Biochem. Physiol.**, v. 81A, n. 3, p. 567-570, 1985.
- SANTOS, M.C.F.; GARCIA-MENDES, E. Biometric studies and mechanical advantages in the dimorphic chelae of the mangrove crab, *Ucides cordatus*. **Bol. Fisiol. Anim. Univ. São Paulo**, v. 6, p. 143-150, 1982.
- SANTOS, M.C.F.; SALOMÃO, L.C. Hemolymph osmotic and ionic concentrations in the gecarcinid crab *Ucides cordatus*. **Comp. Biochem. Physiol.**, v. 81A, n. 3, p. 581-583, 1985.

- SANTOS, M.C.F.; SUADICANI, S.O. MARTINEZ, C.B.R.; LOBO, E.S. Rates of water loss in four crabs from different habitats. **Comp. Biochem. Physiol.**, v. 85A, n.2, p. 309-312, 1986.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN-MOLERO, G.; SOARES, M.L.; DE-ROSA, M.T. Brazilian mangroves. **Aqua. Ecos. Healt. Manag.**, v. 3. p. 561-570, 2000.
- SCHWAMBORN, R.; EKAU, W.; VOSS, M.; SAINT-PAUL, U. How important are mangroves as a carbon source for decapod crustacean larvae in a tropical estuary? **Mar. Ecol. Prog. Ser.**, v. 229, p. 195-205, 2002.
- SHERMAN, R.E.; FAHEY, T.J.; MARTINES, P. Spatial patterns of biomass and aboveground net primary productivity in a mangrove ecosystem in the Dominican Republic. **Ecosystems**, v. 6, p. 384-398, 2003.
- SKOV, M.W.; HARTNOLL, R.G. Paradoxical selective feeding on a low-nutrient diet: why do mangrove crabs eat leaves? **Oecologia**, v. 131, p. 1-7, 2002.
- SLIM, F.J.; HEMMINGA, M.A.; OCHIENG, C.; JANNINK, N.T.; MORINIÈRE, E.C.; VELDE, G. Leaf litter removal by the snail *Terebralia palustris* (Linnaeus) and sesarmid crabs in an East African mangrove forest (Gazi Bay, Kenya). **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** v. 215, p. 35-48, 1997.
- SOUSA, W.P.; MITCHELL, B.J. The effect of seed predators on plant distributions: is there a general pattern in mangroves? **Oikos**, v. 86, p. 55-66, 1999.
- SOUZA, E.P. **Distribuição, aspectos reprodutivos e morfométricos do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) no Manguezal de Itacuruça-Coroa Grande, Baía de Sepetiba, RJ. 1999.** 47 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociências, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica/Rio de Janeiro.
- TAKEDA, S. & KURIHARA, Y. The distribution and abundance of *Helice tridens* (De Haan) burrows and substratum conditions in a northeastern Japan salt marsh (Crustacea: Brachyura) **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.**, v. 107, p. 9-19, 1987.
- TURRIN, M.Q.A.; SAWAYA, M.I.; SANTOS, M.C.F.; VEIGA, L.V.; MANTERO, F.; OPOCHER, G. Atrial natriuretic peptide (ANP) increases in the mangrove crab

- Ucides cordatus* when exposed to increased environmental salinity. **Comp. Biochem. Physiol.**, v. 101 A, n. 4, p. 803-806, 1992.
- TWILLEY, R.R.; LUGO, A.E.; PATTERSON-ZUCCA, C. Litter production and turnover in basin mangrove forests in southwest Florida. **Ecology**, v. 67, n. 3, p. 670-683, 1986.
- TWILLEY, R.R.; POZO, M.; GARCIA, V.H.; RIVERA-MONROY, V.H.; ZAMBRANO, R.; BODERO, A. Litter dynamics in riverine mangrove forests in the Guayas River estuary, Ecuador. **Oecologia**, v. 111, n. 1, p. 109-122, 1997.
- VASCONCELOS, E.M.S.; VASCONCELOS, J. A.; IVO, C.T.C. Estudo sobre a biologia do caranguejo-uçá *Ucides cordatus cordatus* (Linnaeus, 1763), capturado no estuário do Rio Curimataú (Canguaretama) no Estado do Rio Grande do Norte. **Bol. Téc. Cient. CEPENE**, v. 7, n. 1, p. 85-116, 1999.
- WILLIAMS, M. J. Methods for analysis of natural diet in portunid crabs (Crustacea: Decapoda: Portunidae). **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.**, v. 52, p. 103-113, 1981.
- WOLCOTT, D.L.; O'CONNOR, N.J. Herbivory in crabs: adaptations and ecological considerations. **Amer. Zool.**, v. 32, p. 370-381, 1992.
- WOLCOTT, D.L.; WOLCOTT, T.G. Nitrogen limitation in the herbivorous crab *Cardisoma guanhumi*. **Physiol. Zool.**, v. 60, p. 262-268, 1987.
- WOLCOTT, T.G. Ecology. *In*: BURGREN, W.W. & B.R. MCMAHON. **Biology of the land crabs**. New York: Cambridge University Press, 1988. p. 55 – 96.
- WOLFF, M.; KOCH, V.; ISAAC, V. A. trophic flow model of the Caeté mangrove estuary (North Brazil) with considerations for the sustainable use of its Resources **Estuar. Coast. Shelf Sci** v. 50, p. 789-803, 2000.
- WOLFRATH, B. Burrowing of the fiddler crab *Uca tangeri* in the Ria Formosa in Portugal and its influence on sediment structure. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** v. 85, p. 237-243, 1992.

CAPÍTULO 2 – COMPOSIÇÃO E ABUNDÂNCIA DA SERRAPILHEIRA EM DIFERENTES BOSQUES DE MANGUE DE IGUAPE (SP)

RESUMO – A serrapilheira corresponde ao principal recurso alimentar dos caranguejos, sendo influenciada pela composição vegetal e amplitude das marés. O objetivo do presente estudo foi avaliar a composição e abundância da biomassa vegetal disponível sobre o sedimento em diferentes bosques de mangue de Iguape (SP), cada um com predomínio de uma espécie arbórea comum na região (*Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa* ou *Rhizophora mangle*). Foram realizadas amostragens mensais, compreendendo cinco réplicas de 4x4m, com coleta de todo material vegetal disponível sobre o sedimento, que em laboratório foi reconhecido por espécie e estágio foliar/propágulo obtendo-se o peso seco (PS g). A maior biomassa foi registrada para a área com predomínio de *R. mangle*, seguida pela área de *A. schaueriana* e pela área de *L. racemosa*, que apresentou a menor biomassa. Houve forte interação entre as áreas, as espécies e os estágios de maturação, sendo que a espécie arbórea dominante em cada área correspondeu àquela de maior densidade no ambiente, e as espécies *A. schaueriana* e *R. mangle* tiveram maior contribuição com folhas em decomposição e propágulos. O inverno/primavera foi caracterizado por incremento na biomassa produzida, ocorrendo redução no verão/outono, provavelmente associados ao período de muda e maior atividade do caranguejo-uçá, respectivamente. As áreas apresentaram uma grande variação na quantidade e qualidade de alimento disponível para a fauna local, podendo influenciar seu crescimento e reprodução.

Palavras-Chave: *Avicennia*, *Laguncularia*, manguezal, *Rhizophora*, serrapilheira

Introdução

Os manguezais podem ser caracterizados como ecossistemas essenciais à ciclagem de nutrientes e nas relações ecológicas e tróficas dos ambientes estuarinos, com grande importância como fonte energética e alimentar para a produção primária e secundária marinha (LEE, 1995, 1999; JENNERJAHN & ITTEKKOT, 2002). De modo geral, são áreas de alta produtividade, onde as folhas de mangue compreendem a maior quantidade da biomassa produzida e constituem a principal fonte de nutrientes e alimento para a fauna local e regiões adjacentes (TWILLEY *et al.*, 1997; BOER, 2000; CLOUGH *et al.*, 2000).

A composição da serrapilheira pode variar com o tipo ecológico de manguezal, em função da composição de seus bosques, e pela exportação e importação de detritos pela maré, estes últimos sofrendo influência da geomorfologia e grau de inundação local (TWILLEY *et al.*, 1986; ALONGI, 1997; SHERMAN *et al.*, 2003). Em relação à produção primária e influência das marés, os manguezais podem ser classificados em dois tipos quanto a sua energia geofísica: 1) manguezais de alta energia, com exportação de nutrientes para os ambientes adjacentes; e 2) manguezais de baixa energia, com processos ecológicos peculiares à retenção da serrapilheira (TWILLEY *et al.*, 1997).

A biomassa da epifauna de manguezais é constituída principalmente por crustáceos braquiúros, que junto aos demais componentes da fauna deste ambiente influem diretamente na quantidade de serrapilheira, uma vez que esta é sua principal fonte de alimento (DAHDOUH-GUEBAS *et al.*, 1999; KOCH, 1999). As folhas de mangue apresentam baixo valor nutricional (MICHELI, 1993a), embora durante sua decomposição os taninos sejam degradados, e a quantidade de N e P aumente com o desenvolvimento microbiano, otimizando sua qualidade nutricional. Assim, os caranguejos que atuam no processo de remoção da serrapilheira, seja por consumo direto ou transporte para o interior das galerias, tornam-se importantes à manutenção de grande parte do N e P nos manguezais, diminuindo sua disponibilidade de exportação (ALONGI, 1997).

Diversos trabalhos avaliaram a produção primária de bosques de manguezal (BOER, 2000; ALONGI *et al.*, 2003; SHERMAN *et al.*, 2003), no entanto, devido à hidrodinâmica do ambiente e exportação de folhas pela maré, não é possível quantificar o material produzido que permanece como recurso na área original. Considerando-se estes fatores, TWILLEY *et al.* (1986) avaliaram a produção primária e sua contribuição junto à serrapilheira disponível em manguezais da Flórida (EUA), enquanto TWILLEY *et al.* (1997) descreveram os mesmos fatores para o Equador, com base na hidrodinâmica local e transporte pelo caranguejo *Ucides occidentalis* (Ortmann, 1897), abordando a diferença entre a quantidade produzida e a disponível.

A quantidade e a qualidade de folhas sobre o sedimento, a qual é utilizada como recurso alimentar pela fauna e como fonte de nutriente local, pode variar sazonal e espacialmente (MICHELI, 1993b; MFILINGE *et al.*, 2002). Desta forma, o conhecimento de sua abundância e composição em diferentes áreas torna-se importante, uma vez que é fonte primária de nutrientes para o ecossistema marinho (LEE, 1995), podendo influenciar o crescimento e a reprodução de algumas espécies de caranguejos, como observado para espécies do gênero *Sesarma* por MICHELI (1993a,b).

A distribuição espacial das espécies de manguezal é influenciada por uma série de fatores, como o grau de inundação, salinidade e granulometria do sedimento, sendo comum a existência de áreas com predomínio de uma espécie vegetal. Neste estudo, foi avaliada a variação da abundância e composição sazonal da serrapilheira disponível à alimentação da macrofauna e como substrato aos decompositores, em diferentes áreas de manguezal, com base em características ambientais e dominância vegetal.

Material e Métodos

Áreas de Estudo

As coletas foram realizadas em áreas de manguezal da Área de Proteção Ambiental Cananéia-Iguape-Peruíbe (SP), próximas à Barra de Icapara (24°41`S –

47°28`W) cujos bosques não sofrem influência direta de águas costeiras. Para a caracterização estrutural dos manguezais foram determinadas nove áreas, inicialmente selecionadas visualmente pela dominância (> 80%) de uma das principais espécies de mangue, a saber: *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman (áreas A1, A2 e A3), *Laguncularia racemosa* C.F.Gaertn (áreas L1, L2 e L3) e *Rhizophora mangle* Linnaeus (áreas R1, R2 e R3) (Figura 1).

As áreas foram caracterizadas em função da cobertura vegetal, do grau de inundação e da composição granulométrica do sedimento. A estrutura dos bosques foi determinada com base em SCHAEFFER-NOVELLI & CINTRÓN (1986), no mês de março/2005, sendo amostradas, ao acaso, cinco parcelas de 10x10m nas áreas A e R, e de 5x5m na L, as quais tiveram o tamanho do quadrado ideal determinado em coletas pilotos.

Em cada parcela as árvores foram reconhecidas por espécie (*A. schaueriana*, *L. racemosa* e *R. mangle*), sendo estimada visualmente a altura total, da base à extremidade superior da copa, baseando-se em uma pessoa de tamanho conhecido. Para aquelas árvores com tamanho superior a 1m foi determinado, com fita métrica, o perímetro do caule a aproximadamente 1,30m, para posterior cálculo do diâmetro a altura do peito (DAP). A área basal (AB) do bosque, que se refere à área de manguezal ocupada pela madeira, e o diâmetro médio (DAPm), representado pelo diâmetro da árvore de área basal média, foram calculados segundo SCHAEFFER-NOVELLI & CINTRÓN (1986). A dominância relativa foi obtida pela razão entre a área basal total de cada espécie de mangue e área basal total da área.

O grau de inundação foi registrado pela altura de distribuição vertical da alga *Bostrychia* sp. na base do caule da vegetação. A granulometria, a capacidade de troca de cátions e de saturação de bases foram determinadas a partir de amostras compostas de sedimento obtidas a 20cm de profundidade em cada uma das áreas, e analisadas pelo Departamento de Solos e Adubos da FCAV, UNESP Jaboticabal.

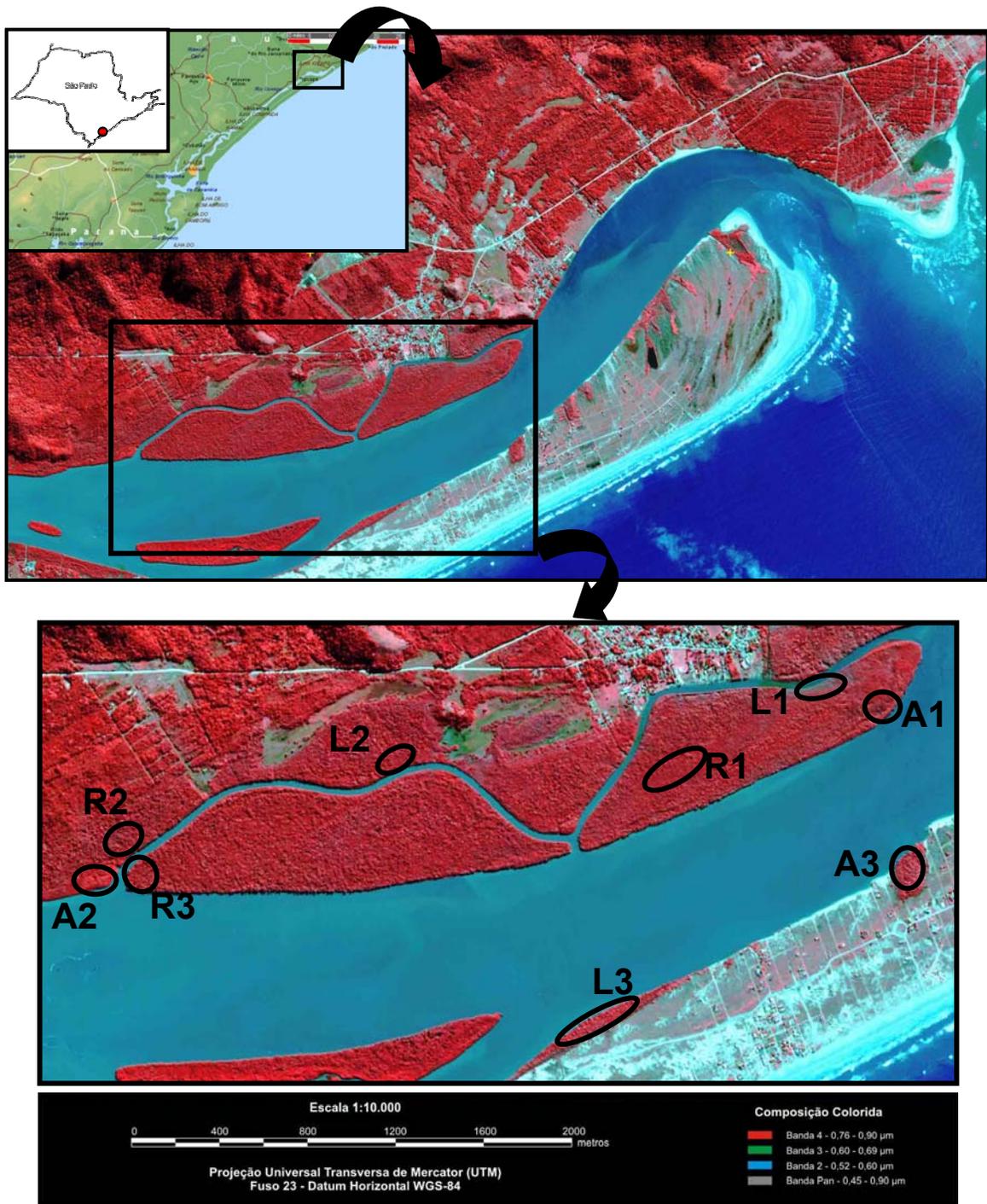


Figura 1. Localização do Complexo Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape-Peruíbe (APA-CIP), com a determinação das áreas de estudo, na região de Iguape (SP).

Composição e Abundância da Serrapilheira

Foram realizadas coletas mensais nas áreas A1, L1 e R1 para avaliação da variação sazonal na composição e abundância da serrapilheira, sendo os meses agrupados por estação climática para o aumento do número de réplicas e no poder de teste (outono: abril a junho/2004; inverno: julho a setembro/2004; primavera: outubro a dezembro/2004; verão: janeiro a março/2005). A variação em relação às características dos bosques (A, L e R) foi avaliada em março/2005, considerando-se três réplicas para cada área (1, 2 e 3), pela similaridade verificada nos procedimentos de caracterização ambiental.

As coletas foram feitas em cinco quadrantes, utilizando quadrados de PVC com tamanho de 4x4m, lançados ao acaso. Em cada quadrado amostral o material vegetal disponível sobre o sedimento (folhas e propágulos) foi coletado e armazenado em sacos plásticos. Em laboratório, após ser lavado com água corrente em abundância para a retirada da lama, as folhas e propágulos foram identificados por espécie (*A. schaueriana*, *L. racemosa*, *R. mangle*), segundo SCHAEFFER-NOVELI & CINTRÓN (1986) e classificadas por categorias de interesse (propágulos, folhas jovens, maduras, senescentes e em decomposição), conforme a Tabela 1. Após o reconhecimento por categoria, o material de cada espécie foi seco em estufa de ventilação forçada de ar (60°C por 72h) e pesado para a obtenção do peso seco (PS g).

A influência dos fatores ambientais (vegetação, sedimento e grau de inundação) na caracterização ambiental foi descrita utilizando-se o método de Análise de Coordenadas Principais (PCoA) (LEGENDRE & LEGENDRE, 1998; PODANI, 2000), utilizando-se distância Euclidiana como medida de semelhança. O programa MULTIV (PILLAR, 2004) foi utilizado para tais análises, sendo a variabilidade resumida em dois eixos principais.

A variação da biomassa total disponível entre as áreas (A, L, R), e de sua composição por espécies (*A. schaueriana*, *L. racemosa* e *R. mangle*) e matéria vegetal (folhas jovens, maduras, senescentes, em decomposição e propágulos) em cada área foram determinadas por ANOVA, seguida pelo teste “a posteriori” de Tukey (5%), assim

como a variação sazonal (outono, inverno, primavera e verão) da biomassa de folhas e propágulos na serrapilheira nas áreas A1, L1 e R1. A variação sazonal da abundância de cada estágio foliar e propágulos das espécies de mangue foi comparada utilizando as amostras da área de predomínio arbóreo da espécie em questão, com aplicação de ANOVA, seguida pelo teste “a posteriori” de Tukey (5%). Em todos os casos, as análises procederam com 15 réplicas, e a homocedasticidade foi testada pelo Teste de Cochran e os dados submetidos à transformação logarítmica quando necessário.

Tabela 1. Descrição dos critérios visuais e táteis utilizados no reconhecimento dos estágios de maturação e decomposição das folhas das principais espécies de folhas de mangue coletadas sobre o solo nas áreas de manguezais da região de Iguape (SP).

Estágio Foliar	Espécie de Mangue		
	<i>A. schaueriana</i>	<i>L. racemosa</i>	<i>R. mangle</i>
Jovem	Folhas verdes em estágio inicial de desenvolvimento e tamanho reduzido	Folhas verdes de tamanho reduzido	Estípulas
Madura	Folhas verdes ou marrons sem alteração na turgescência e com epiderme rígida	Folhas verdes	Folhas verdes
Senescente	Folhas amareladas ou marrons com menor grau de turgescência, nervuras muito evidentes e com epiderme rígida	Folhas amareladas	Folhas amareladas e pardas
Decomposição	Folhas marrons com epiderme em decomposição	Folhas pretas ou com epiderme em decomposição	Folhas marrons e escuras

Resultados

As áreas em estudo apresentaram diferenças quanto à composição e estrutura dos bosques (Tabela 2), dominância de uma espécie de mangue, além de variação na densidade, altura e diâmetro médio das árvores. A composição granulométrica e o grau de inundação também apresentaram grande variação entre os bosques, com a Área L apresentando o menor grau de inundação e maior quantidade de areia (17 a 58%) na composição do sedimento (Tabela 3).

Tabela 2. Caracterização da densidade arbórea, altura, diâmetro médio (DAPm) (média \pm desvio padrão), área basal total e dominância relativa das espécies de mangue, em diferentes áreas de manguezais da região de Iguape (SP), em março/2005.

Área	Densidade (ind. ha ⁻¹)	Altura (m)	DAPm (cm)	Área Basal (m ² ha ⁻¹)	Dominância Relativa (%)		
					<i>A. schaueriana</i>	<i>L. racemosa</i>	<i>R. mangle</i>
A1	3.940 \pm 802	7,0 \pm 3,5	8,5	23,7	87,3	3,3	9,5
A2	3.880 \pm 1062	8,6 \pm 2,5	8,9	25,9	88,7	8,6	2,8
A3	1.580 \pm 394	7,3 \pm 2,8	13,1	31,9	97,7	2,4	0,0
L1	15.360 \pm 1.802	2,6 \pm 1,0	2,9	9,3	0,00	100,0	0,0
L2	7.600 \pm 2.117	3,8 \pm 0,8	6,1	22,4	0,00	96,1	3,9
L3	13.040 \pm 3.705	3,6 \pm 0,9	4,5	20,9	0,00	100,0	0,0
R1	3.240 \pm 835	7,6 \pm 3,2	11,1	29,4	6,7	3,3	90,0
R2	2.640 \pm 764	7,7 \pm 3,9	12,7	32,3	8,9	2,7	88,5
R3	1.960 \pm 802	8,5 \pm 4,5	11,	18,5	2,9	0,0	97,0

A Figura 2 apresenta a ordenação das áreas em função de dois eixos principais (80% da variabilidade dos dados), demonstrando que aquelas com mesmo predomínio vegetal apresentaram similaridade elevada. De modo geral, o Eixo 1, que resume 65,9% da variabilidade, apresentou forte correlação ($r > 0,5$) com a composição granulométrica e capacidade de troca catiônica, grau de inundação, densidade vegetal, altura, diâmetro e área basal das árvores, além da dominância das espécies vegetais. Desta forma, observa-se que além da elevada densidade e dominância de *L. racemosa*, as áreas L se distinguem pela baixa estatura e diâmetro dos caules, menor grau de inundação e composição granulométrica com predomínio de areia (Figura 2, Tabelas 2 e 3).

Tabela 3. Caracterização do grau de inundação (média \pm desvio padrão), e das características edáficas (pH, T = capacidade de troca catiônica; V = capacidade de saturação de bases; composição granulométrica) em diferentes áreas de manguezais da região de Iguape (SP), em março/2005.

Área	Grau de Inundação (cm)	Características Edáficas					
		pH	T (mmol _c dm ⁻³)	V (%)	Argila (%)	Silte (%)	Areia total (%)
A1	27,7 \pm 7,5	6,5	166,8	93	32	41	27
A2	33,2 \pm 6,1	5,3	152,1	78	37	46	17
A3	27,9 \pm 5,8	5,8	234,6	89	53	45	2
L1	5,7 \pm 4,5	6,4	159,6	92	23	28	49
L2	18,7 \pm 4,2	6	171,7	90	35	48	17
L3	4,2 \pm 5,4	6	129,6	85	23	19	58
R1	32,1 \pm 7,5	5,6	235,9	88	39	57	4
R2	39,1 \pm 7,2	5,6	192,9	84	39	52	9
R3	44,3 \pm 6,3	5,3	188,2	78	40	49	11

As áreas A e R apresentaram maior similaridade quando comparadas com as áreas L, pelo fato de serem explicadas pelos mesmos fatores no Eixo 1 (Figura 2). No entanto, o Eixo 2 (14,2% da variabilidade) distingue estas áreas pela forte dominância de *A. schaueriana* e *R. mangle* nas áreas A e R, respectivamente; além do pH e da capacidade de saturação de bases (V), que apresentaram maiores valores nas áreas A (Tabela 3). Desta forma, os fatores estudados (grau de inundação, componentes edáficos e estrutura vegetal) mostraram grande similaridade entre as três áreas de bosques (1, 2, 3) com dominância da mesma espécie arbórea (A, L e R), sendo considerados como réplicas nas análises de composição e abundância da serrapilheira.

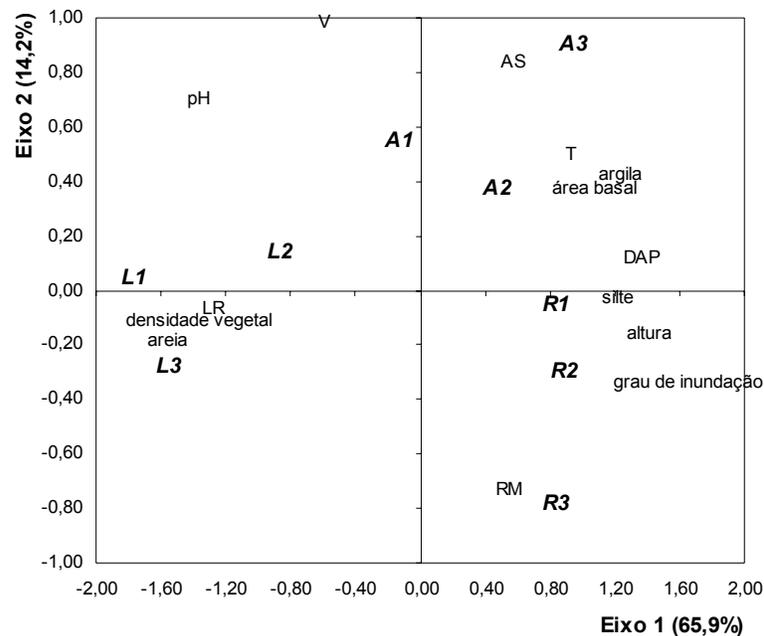


Figura 2. Ordenamento das áreas de estudo em função dos parâmetros ambientais e da estrutura dos bosques de mangue na região de Iguape (SP).

A Figura 3 apresenta um esquema diagnóstico das áreas de mangue, onde se observa diferenças entre as espécies de mangue dominantes no ambiente e demais características peculiares, a saber: densidade, altura e diâmetro médio das árvores; o grau de inundação; e a composição granulométrica. As árvores com tamanho inferior a 1m também variaram expressivamente entre as áreas estudadas, sendo que nas áreas R foram encontradas em grande densidade ($2.646 \pm 1.186 \text{ ind. ha}^{-1}$) em comparação com as áreas A e L (155 ± 193 e $75 \pm 115 \text{ ind. ha}^{-1}$, respectivamente).

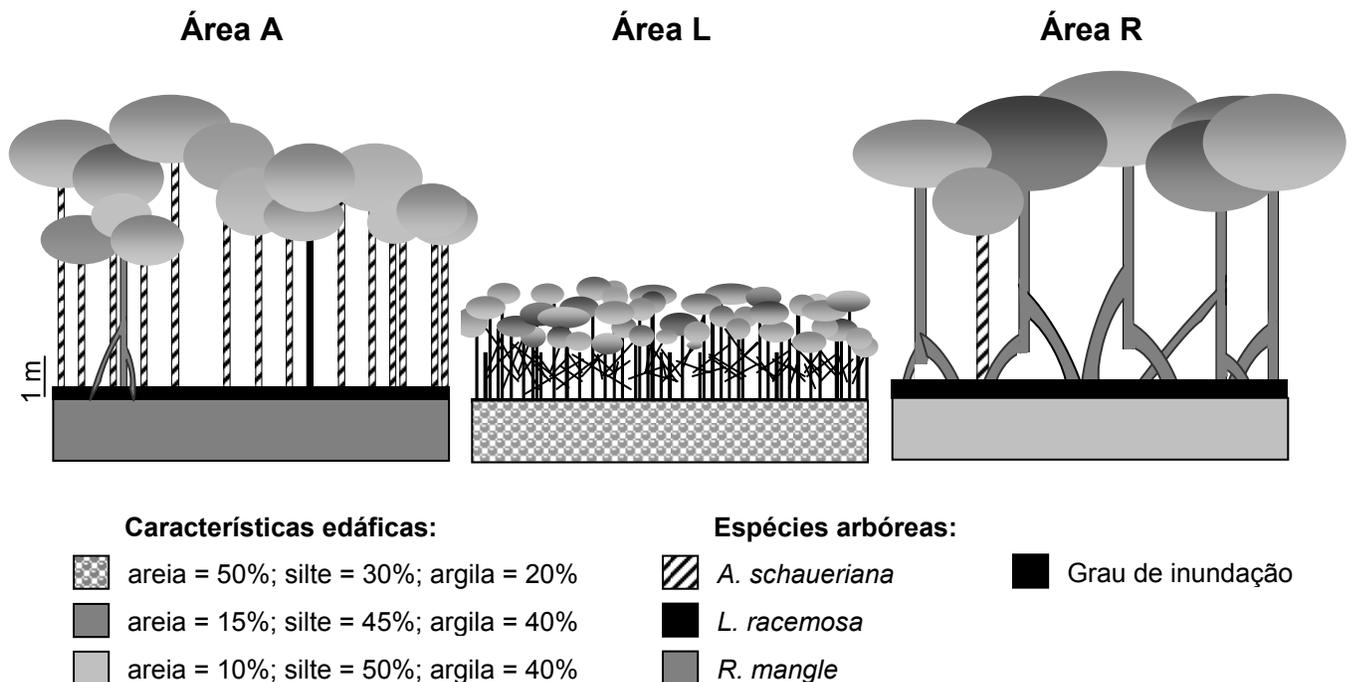


Figura 3. Esquema representativo das áreas de coleta, na região de Iguape (SP). A altura e diâmetro das árvores e o grau de inundação encontram-se em escala 1:1.

A quantidade total da biomassa vegetal diferiu significativamente entre as áreas estudadas ($F=209,48$; $p<0,01$), ocorrendo maior disponibilidade na área R ($60,72\pm 29,01$ PS g m⁻²), seguida pela área A ($12,55\pm 9,78$ PS g m⁻²), e reduzida na área L ($0,08\pm 0,08$ PS g m⁻²).

Em cada uma das áreas, a matéria vegetal significativamente mais abundante na serrapilheira correspondeu à espécie de mangue predominante no ambiente (Figura 4). Na Área A cerca de 60% da biomassa foi representada por partes vegetais de *A. schaueriana* ($F=9,14$; g.l.=2; $p<0,001$), na Área R a prevalência foi ainda maior (90%) para *R. mangle* ($F=21,96$; g.l.=2; $p<0,0001$), e na Área L as partes de *L. racemosa* constituíram 100% da biomassa disponível ($F=14,10$; g.l.=2; $p<0,0001$). Em relação à composição, nas áreas A e R as quantidades de folhas em decomposição e propágulos foi significativamente maior do que os demais materiais (área A: $F=9,90$; g.l.=4; $p>0,0001$; área R: $F=9,87$; g.l.=4; $p<0,0001$); enquanto na área L a maior contribuição foi de folhas senescentes ($F=7,11$; g.l.=4; $p<0,0001$) (Figura 5).

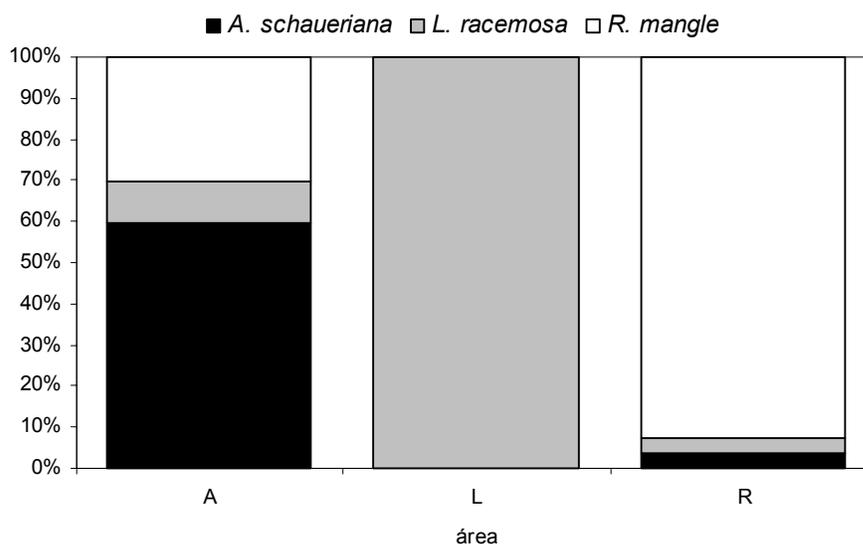


Figura 4. Composição da biomassa vegetal por espécie de mangue, disponível sobre o sedimento em três áreas de manguezal, distintas quanto a cobertura vegetal e características abióticas, em Iguape (SP).

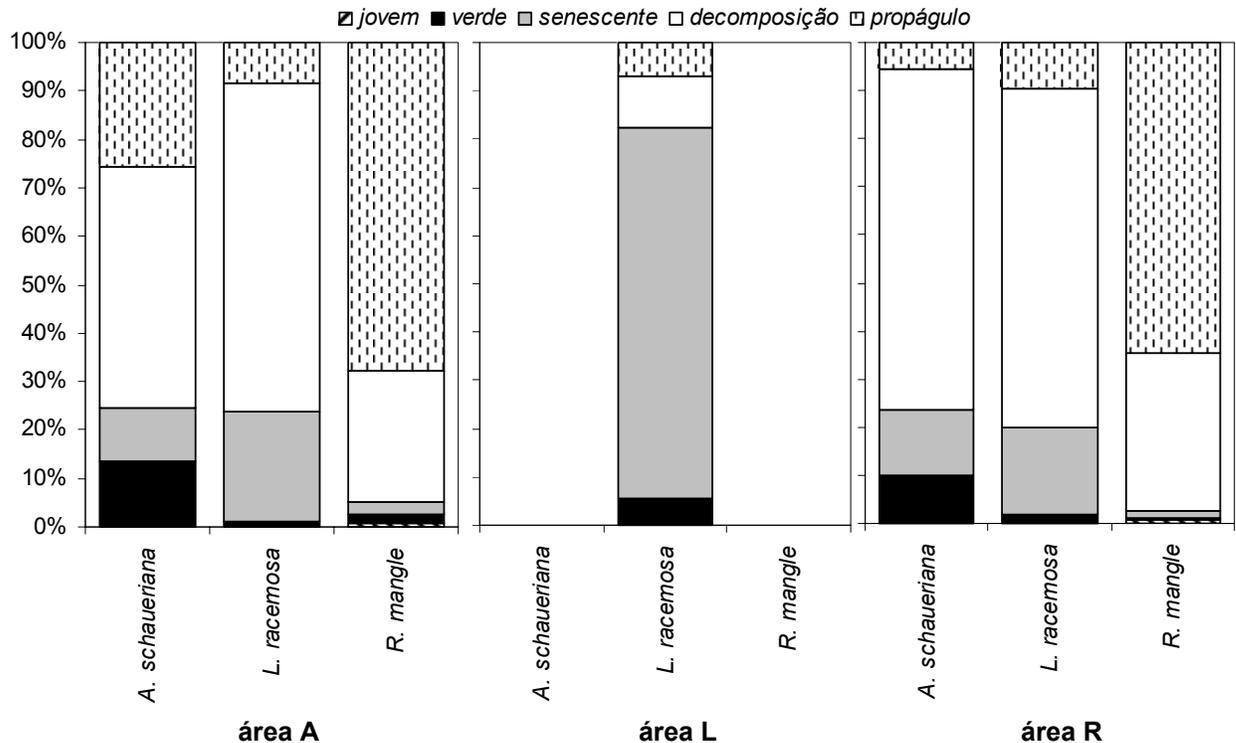


Figura 5. Composição dos estágios de maturação foliar e de propágulos das espécies de mangue, constituintes da biomassa vegetal disponível sobre o sedimento em três áreas de manguezal, com distinta cobertura vegetal e características abióticas, em Iguape (SP).

Embora exista uma tendência de aumento de folhas disponíveis durante o inverno na Área L, não houve variação significativa ao longo do ano, enquanto as demais áreas apresentaram menor quantidade de folhas durante o outono (Tabela 4). A Área A apresentou elevadas quantidades de propágulos das três espécies (Figura 5), sem nenhuma variação sazonal na biomassa total destas estruturas (Tabela 4), enquanto as áreas L e R tiveram um aumento desta biomassa durante o outono e verão, respectivamente (Tabela 4). Portanto, observa-se uma variação sazonal relacionada às áreas, uma vez que a Área L, caracterizada por baixa disponibilidade de folhas sobre o sedimento durante o ano todo, mostrou elevação na biomassa de propágulos no outono, enquanto esta estação foi a de menor biomassa nas demais áreas. Na Área A foi encontrado um aumento significativo na serrapilheira do outono para o inverno, enquanto na Área R ocorreu um aumento significativo de folhas no inverno e primavera, e de propágulos no verão (Tabela 4).

Tabela 4. Variação sazonal do peso seco da biomassa (g m^{-2}) (média \pm desvio padrão) de folhas e propágulos em três áreas de manguezal de Iguape (SP), no período de abril/2004 a março/2005.

Matéria Vegetal	Área	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Folhas	A	2,07 \pm 1,14 a	5,10 \pm 3,17 b	4,36 \pm 3,14 ab	4,82 \pm 3,45 ab
	L	0,20 \pm 0,32 a	0,30 \pm 0,57 a	0,12 \pm 0,22 a	0,12 \pm 0,18 a
	R	15,50 \pm 7,67 a	26,57 \pm 10,27 bc	31,84 \pm 8,93 c	18,94 \pm 4,94 ab
Propágulos	A	0,96 \pm 1,28 a	1,63 \pm 1,67 a	1,14 \pm 0,95 a	0,62 \pm 0,87 a
	L	0,07 \pm 0,14 b	0,02 \pm 0,03 ab	0,00 \pm 0,00 a	0,01 \pm 0,02 a
	R	1,48 \pm 2,44 a	4,71 \pm 5,22 a	4,39 \pm 3,95 a	24,18 \pm 33,15 b

*Dentro de cada matéria vegetal e área, médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não são significativamente diferentes (Teste de Tukey, 5%).

Considerando-se a variação sazonal dos estágios foliares, que constituem a menor contribuição na biomassa (Figura 5), observa-se que as folhas jovens e maduras das três espécies não apresentaram alterações ao longo do ano, com exceção da redução significativa de estípulas de *R. mangle* sobre o sedimento durante o verão. De modo similar, apenas para esta espécie foi verificada diferença na contribuição das folhas senescentes, que aumentaram significativamente durante a primavera (Figura 6). As folhas em decomposição de *A. schaueriana* e *L. racemosa* foram encontradas em maior quantidade durante o inverno em comparação ao verão e primavera, respectivamente, enquanto as de *R. mangle* tiveram um aumento significativo do outono para a primavera, com redução da abundância no verão (Figura 6).

Pela variação sazonal da abundância de propágulos no sedimento observa-se um particionamento reprodutivo das três espécies arbóreas de manguezal, a saber: *L. racemosa* no outono; *A. schaueriana* no inverno/primavera; e de *R. mangle* no verão (Figura 6). Assim, nota-se que a biomassa total de propágulos nas áreas L e R (Tabela 4) seguiu o padrão da espécie dominante no ambiente (Figura 6), com elevação no outono e verão, respectivamente. Na Área A foram registrados propágulos das três espécies de mangue (Figura 2), sem ocorrência de variação na biomassa disponível ao longo do ano (Tabela 4).

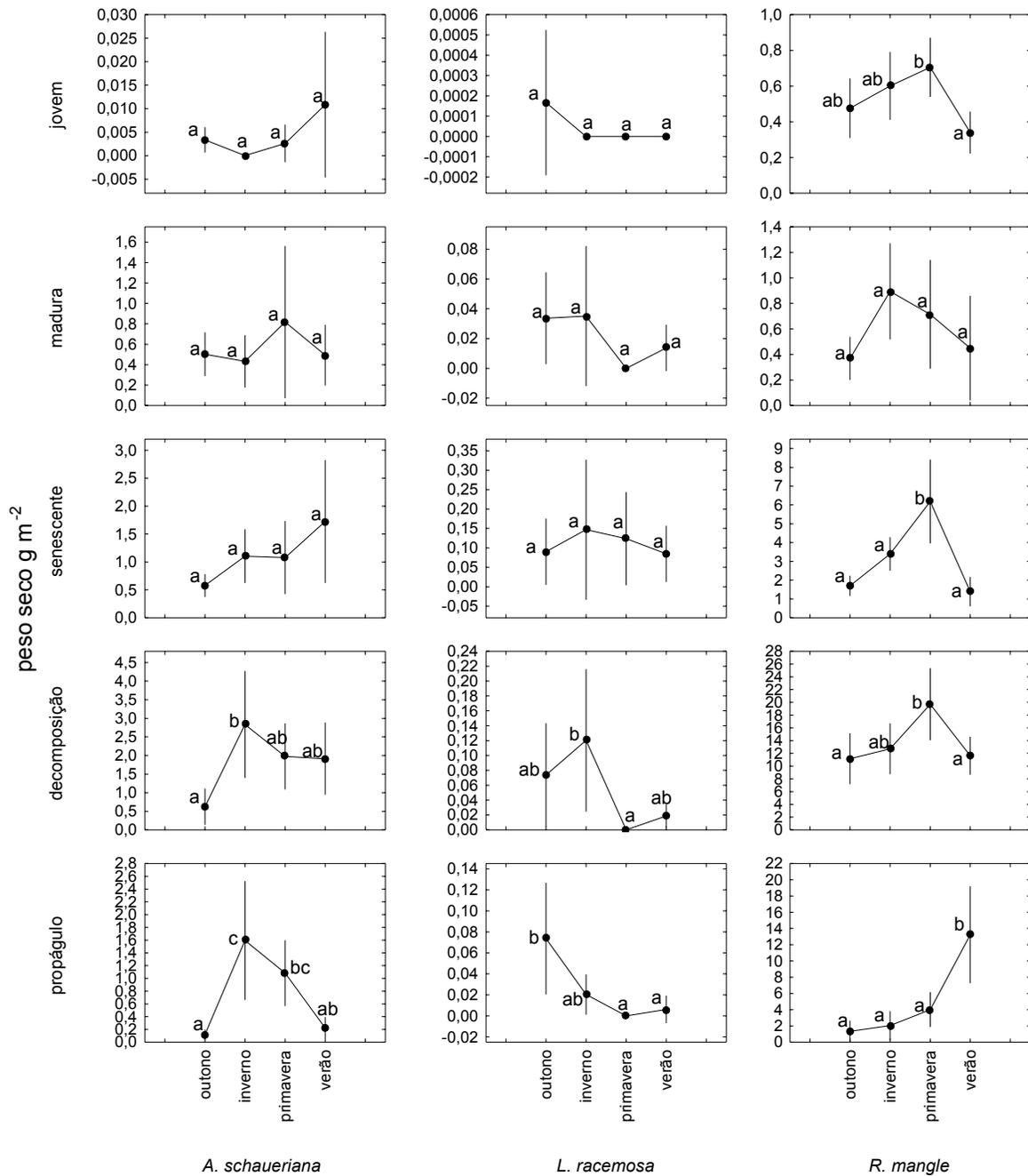


Figura 6. Variação sazonal (média \pm intervalo de confiança) das folhas (jovem, madura, senescente e em decomposição) e propágulos disponíveis sobre o sedimento, referentes às principais espécies de mangue em Iguape (SP). Médias seguidas de pelo menos uma letra em comum, dentro da mesma espécie e material vegetal, não diferem significativamente (Teste de Tukey, 5%).

Discussão

As características fisiográficas dos bosques em estudo mostraram semelhança aos estudos realizados em Cananéia (SP) por COELHO (1998), com a ocorrência de bosques monoespecíficos de *A. schaueriana*, *L. racemosa* e *R. mangle*, como mencionado anteriormente por SCHAEFFER-NOVELLI *et al.* (1990). A dominância vegetal apresentou forte correlação com os parâmetros edáficos, como grau de inundação e composição do sedimento. Estudos de distribuição e formação dos bosques de mangue indicam que seu desenvolvimento estrutural está diretamente relacionado com a textura do sedimento, salinidade e frequência de inundação (SCHAEFFER-NOVELLI *et al.*, 1994; SOUZA & SAMPAIO, 2001).

As interações ecológicas e o desenvolvimento dos bosques estão diretamente relacionados aos fatores ambientais e edáficos, que por sua vez são constantemente alterados pela bioturbação da macrofauna, a exemplo das galerias escavadas por várias espécies de crustáceos braquiúros (WARREN & UNDERWOOD, 1986; WILSON, 1989; NOMANN & PENNING, 1998; SHERMAN, 2002). O menor tamanho das árvores em bosques de *L. racemosa* deve estar associado à salinidade do ambiente (HATTORI, com. pess.), que serão revelados por estudos que já estão em fase final de execução, vindo a auxiliar o melhor entendimento das variações estruturais dos bosques analisados.

A produção de serrapilheira mostrou forte influência das características ambientais do bosque de mangue, com expressiva biomassa na área com maior densidade relativa de *R. mangle*, e baixa disponibilidade no bosque monoespecífico de *L. racemosa*. Estas variações apresentam também relação com o grau de inundação do manguezal, com reduzido acúmulo de folhas em áreas com menor inundação (área L), ocorrendo o inverso nas áreas de maior inundação (área R). Além disso, estas áreas apresentaram elevada quantidade de folhas em decomposição quando comparadas às de baixa influência de maré, provavelmente pela aceleração do processo de decomposição em ambientes úmidos.

A variação na composição da serrapilheira promove distinta influência nutricional aos caranguejos nestas regiões, o que pode ser constatado pela composição de macro e micronutrientes nas folhas das espécies arbóreas de mangue (Capítulo 3). Desta forma, além da elevada densidade de caranguejos na Área L (HATTORI *com. pessoal*), estes animais são sujeitos a reduzida disponibilidade de alimento, caracterizado por baixo valor nutricional e elevado teor de polifenóis. Este fato pode ser o responsável pelo menor porte dos indivíduos do caranguejo *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) nesta área (Capítulo 4), como resultado de uma menor taxa de crescimento em função da baixa quantidade e qualidade nutricional das folhas de mangue.

Por outro lado, a Área R foi caracterizada pela maior disponibilidade de folhas de *R. mangle* nos estágios senescente e em decomposição, que possuem maior valor nutricional e riqueza em Ca (Capítulo 3), promovendo, assim, maior taxa de crescimento aos animais desta área. MICHELI (1993b) observou que caranguejos do gênero *Sesarma*, alimentados com folhas senescentes de *Rhizophora stylosa*, tiveram antecipação e maior frequência de muda do que aqueles alimentados com folhas de outras espécies de mangue, o que corrobora a afirmação anterior para o presente estudo.

O aumento da biomassa disponível sobre o sedimento no inverno/primavera, bem como sua redução no verão/outono, pode ser decorrente de variações fisiológicas específicas de cada espécie arbórea, seja pelo aumento do processo de senescência neste período ou relacionado ao forrageamento do caranguejo-uçá. Durante os meses de julho a novembro os indivíduos desta espécie se encontram em processo de muda (PINHEIRO & FISCARELLI, 2001), quando diminuem sua mobilidade e permanecem no interior da galeria com o fechamento com lama de sua entrada pelo animal, que é denominada “batumada”. Nos meses de dezembro a março ocorre o fenômeno da “andada”, que constitui comportamentos migratórios com propósitos reprodutivos, quando os indivíduos aumentam sua atividade locomotora e de forrageamento, carregando folhas e propágulos para o interior de suas galerias (SANT’ANNA, *com. pessoal*). O mesmo padrão foi observado por TWILLEY *et al.* (1997) para o caranguejo

U. occidentalis no Equador, demonstrando a forte influência destes animais sobre a biomassa local.

O particionamento reprodutivo das espécies de mangue pode estar relacionado a diminuição da competição interespecífica por espaço, nutrientes e desenvolvimento vegetativo. Além disso, otimiza a fonte de recursos alimentares disponíveis para a fauna local, uma vez que o caranguejo-uçá se alimenta de propágulos de *R. mangle*, herbivoria esta confirmada por fragmentos desta estrutura no estômago de exemplares desta espécie (Capítulo 4).

Algumas espécies de caranguejos de manguezal têm grande influência sobre as características químicas do sedimento, abundância da meiofauna e crescimento vegetal, o que decorre de seu hábito alimentar e escavatório, que otimiza a drenagem, a área superficial do sedimento, a disponibilidade da serrapilheira e a matéria prima em decomposição nas camadas inferiores do solo (ALONGI, 1997). Os resultados do presente estudo demonstram que a composição e abundância da serrapilheira variam em bosques de mangue de diferentes características fisiográficas, podendo afetar as espécies animais que se alimentam destas folhas, bem como a quantidade de nutrientes disponíveis no sedimento. Desta forma, estudos sobre a produção primária nestas áreas, associados à quantificação da remoção da serrapilheira pelas espécies de caranguejos podem trazer valiosas informações sobre a influência destes animais nos processos de decomposição e ciclagem dos nutrientes nos manguezais.

Referências

- ALONGI, D.M. **Coastal ecosystem processes**. London: CRC Press, 1997. 419 p.
- BOER, W.F. Biomass dynamics of seagrasses and the role of mangrove and seagrass vegetation as different nutrient sources for an intertidal ecosystem. **Aquat. Bot.**, v. 66, p. 225-239, 2000.

- CLOUGH, B.F.; TAN, D.T.; PHUONG, D.X. Canopy leaf area index and litter fall in stands of the mangrove *Rhizophora apiculata* of different age in the Mekong Delta, Vietnam **Aquat. Bot.**, v. 66, n. 4, p. 311-320, 2000.
- COELHO JR, C. **Manguezal, desenvolvimento estrutural da cobertura vegetal ao longo de gradientes de inundação, município de Cananéia, São Paulo, Brasil.** 1998. 108 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- DAHDOUH-GUEBAS, F; GIUGGIOLI, M.; OLUOCH, A. Feeding habits of non-ocypodid crabs from two mangrove forests in Kenya. **Bull. Mar. Sci.** v. 64 n. 2, p. 291-297, 1999.
- JENNERJAHN, T.C. ; ITTEKKOT, V. Relevance of mangroves for the production and deposition of organic matter along tropical continental margins. **Naturwissenschaften**, v. 89, p. 23-30, 2002.
- KOCH, V. **Epibenthic production and energy flow in the Caeté mangrove estuary, North Brazil.** 1999. 97 f. Tese (Doutorado). Center for Tropical Marine Ecology, University Bremen.
- LEE, S.Y. Mangrove outwelling – a review. **Hydrobiologia**, v. 295, n. 1-3, p. 203-212, 1995.
- LEE, S.Y. The effect of mangrove leaf litter enrichment on macrobenthic colonization of defaunated sandy substrates. **Estuar. Coast. Shelf Sci.**, v. 49, p. 703-712, 1999.
- LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. Numerical Ecology, 2nd. edition. Elsevier, Amsterdam. 1998.
- MFILINGE, P.L.; ATTA, N.; TSUCHIYA., M. Nutrient dynamics and leaf litter decomposition in a subtropical mangrove forest at Oura Bay, Okinawa, Japan. **Trees**, v. 16, p. 172-180, 2002.
- MICHELI, F. Feeding ecology of mangrove crabs in North Eastern Australia: mangrove litter consumption by *Sesarma messa* and *Sesarma smithii*. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.**, v. 171, p. 165-186, 1993a.

- MICHELI, F. Effect of mangrove litter species and availability on survival, moulting, and reproduction of the mangrove crab *Sesarma messa*. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.**, v. 171, p. 149-163, 1993b.
- NOMANN, B.E.; PENNING, S.C. Fiddler crab-vegetation interactions in hypersaline habitats. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.**, vol. 225, n. 1, 53-68, 1998.
- PILLAR, V.D. Multiv: Multivariate Exploratory Analysis, Randomization Testing and Bootstrap Resampling. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. <http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br>. 2004.
- PINHEIRO, M.A.A.; FISCARELLI, A.G. **Manual de apoio à fiscalização do Caranguejo-Uçá (*Ucides cordatus*)**. Itajaí: IBAMA, 2001. 60 p.
- PODANI, J. Introduction to the Exploration of Multivariate Biological Data. Backhuys Publishers, Leiden. 2000.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN, G. **Guia para estudo de áreas de manguezal; estrutura, função e flora**. Caribbean Ecological Research, 1986, 150 p.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRON, G.; ADAIME, R.R.; CAMARGO, T.M. Variability of the mangrove ecosystem along the brazilian coast. **Estuaries**, v. 13, n. 2, 1990.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. & CINTRON-MOLERO, G. Manguezais brasileiros: uma síntese sobre os aspectos históricos (séculos XVI a XIX), zonação, estrutura e impactos ambientais. Anais do III Simpósio de Ecossistemas da Costa brasileira. Subsídios a um gerenciamento ambiental. 1: 333-341. 1994.
- SHERMAN, P.M. Effects of land crabs on seedling densities and distributions in a mainland neotropical rain forest. **J. Trop. Ecol.**, v. 18, p. 67-89, 2002.
- SHERMAN, R.E.; FAHEY, T.J.; MARTINES, P. Spatial patterns of biomass and aboveground net primary productivity in a mangrove ecosystem in the Dominican Republic. **Ecosystems**, v. 6, p. 384-398, 2003.
- SOUZA, M.M.A.; SAMPAIO, E.V.S.B. Variação Temporal da Estrutura dos bosques de mangue de Suape-PE após a construção do porto. **Acta Botânica Brasileira**, v. 15, n. 1, p. 1-12, 2001.

- TWILLEY, R.R.; LUGO, A.E.; PATTERSON-ZUCCA, C. Litter production and turnover in basin mangrove forests in southwest Florida. **Ecology**, v. 67, n. 3, p. 670-683, 1986.
- TWILLEY, R.R.; POZO, M.; GARCIA, V.H.; RIVERA-MONROY, V.H.; ZAMBRANO, R.; BODERO, A. Litter dynamics in riverine mangrove forests in the Guayas River estuary, Ecuador. **Oecologia**, v. 111, n. 1, p. 109-122, 1997.
- WARREN, J.H.; UNDERWOOD, A.J. Effects of burrowing crabs on the topography of mangrove swamps in New South Wales. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** v. 102, p. 223-235, 1986.
- WILSON, K.A. Ecology of mangrove crabs: predation, physical factors and refuges. **Bull. Mar. Sci.**, v. 44, n. 1, p. 263-273, 1989.

CAPÍTULO 3 – CARACTERIZAÇÃO SAZONAL DOS POLIFENÓIS E NUTRIENTES EM FUNÇÃO DA MATURAÇÃO FOLIAR DAS PRINCIPAIS ESPÉCIES ARBÓREAS DE MANGUE NA REGIÃO DE IGUAPE (SP)

RESUMO – As folhas de mangue compreendem a principal fonte primária em áreas de manguezais, além de servir como fonte de alimento à fauna local. O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade nutricional das principais espécies arbóreas dos manguezais da região de Iguape (SP). Foram realizadas análises sazonais dos polifenóis totais e nutrientes das folhas jovens, maduras e senescentes pré e pós-abscisão de *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman ex Moldenke, *Laguncularia racemosa* C.F.Gaertn e *Rhizophora mangle* L. Todos os nutrientes apresentaram forte interação entre a espécie arbórea e os estágios de maturação foliar. Nas folhas de *A. schaueriana* foram registradas as menores quantidades de polifenóis e elevados teores de nutrientes, sendo a espécie de maior valor nutricional; *R. mangle* apresentou concentrações intermediárias; e *L. racemosa* o menor valor nutricional e elevadas concentrações de polifenóis. As quantidades de N, P e K diminuíram das folhas jovens para as senescentes em todas as espécies analisadas. A concentração de Ca foi significativamente maior em *R. mangle*, caracterizando-a como importante recurso alimentar aos crustáceos em processo de muda. Durante o inverno as plantas apresentaram maiores teores de N e P em comparação ao verão. Os resultados demonstram que as espécies arbóreas apresentam distinção quanto às suas características nutricionais, constituindo informação de grande importância em avaliações da contribuição dos nutrientes em diferentes áreas de manguezais, bem como nas cadeias tróficas estuarinas.

Palavras-Chave: *Avicennia*, *Laguncularia*, manguezal, nutrientes, polifenóis, *Rhizophora*

Introdução

As folhas correspondem à principal fonte de produção primária no ecossistema de manguezal e, por serem as principais constituintes da serrapilheira (TWILLEY *et al.*, 1997; CLOUGH *et al.*, 2000), compõem o recurso alimentar dos insetos e caranguejos arborícolas. No entanto, estas plantas apresentam uma série de defesas contra a herbivoria, destacando-se, principalmente, as trocas químicas relacionadas ao decréscimo nos níveis de nutrientes e a síntese de metabólitos secundários.

Os polifenóis são um dos principais metabólitos secundários, que atuam na defesa química das árvores de mangue contra a herbivoria, sendo compostos principalmente por taninos condensados e outros fenóis com atividade adstringente (KANDIL *et al.*, 2004). A grande quantidade de polifenóis encontrada em árvores de manguezal desperta atenção especial para estudos que tratam das implicações entre a síntese, manutenção de suas elevadas concentrações e sua relação com os benefícios e custos ecológicos e fisiológicos da planta, uma vez que representa um investimento significativo por parte das folhas (KANDIL *et al.*, 2004).

Além dos polifenóis, os constituintes minerais das folhas também são fatores limitantes da qualidade nutricional. A análise do estado nutricional das plantas por diagnose foliar é necessária ao acompanhamento dos nutrientes essenciais e do desenvolvimento vegetal (RAIJ, 1991). Como exemplo, pode-se mencionar o N, um dos macronutrientes de maior importância para as plantas, cuja deficiência compromete o crescimento; por outro lado, o K, S e Mg, como outros macro e micronutrientes, são de grande importância na fisiologia vegetal, na constituição das proteínas e no processo de fotossíntese, respectivamente (RAIJ, 1991).

A serrapilheira é constituída, principalmente, por matéria proveniente das espécies de mangue, e corresponde à principal fonte de recurso mineral do ambiente. No entanto, pouco se conhece sobre sua composição em nutrientes, embora existam alguns estudos recentes que trataram desta quantificação em órgãos vegetais (GUERRERO-OCAMPO, 2002; ALONGI *et al.*, 2003; NIELSEN & ANDERSEN, 2003; WANG *et al.*, 2003).

Os manguezais podem ser considerados como ecossistemas oligotróficos e, de modo geral, com baixa disponibilidade de N e P (FELLER, 1995; KANDIL *et al.*, 2004). Neste sentido, as folhas de mangue apresentam baixa quantidade de minerais em comparação aos recursos disponíveis no sedimento e água (LACERDA *et al.*, 1993).

Além disso, através do processo ecofisiológico de translocação dos nutrientes das folhas senescentes para a planta, antes que ocorra a abscisão, ocorre a reutilização destes elementos, tornando-os disponíveis para outras estruturas vegetativas (CÔTE *et al.*, 1989; MILLARD & NEILSEN, 1989). Este processo está diretamente relacionado com a absorção de nutrientes do sedimento, pois a reutilização dos nutrientes da planta diminui a absorção daqueles presentes no ambiente (PUGNAIRE & CHAPIN, 1993). Este processo é descrito por FELLER *et al.* (1999) para as folhas de *Rhizophora*, que ficam amarelas durante o processo de senescência, promovendo, p. ex., alteração nos teores de P, o que também é verificado durante a decomposição foliar (NIELSEN & ANDERSEN, 2003).

Após o processo de senescência, as folhas pós-abscisão entram em decomposição pelos microrganismos do sedimento, sendo as proteínas e outros derivados nitrogenados rapidamente decompostos, enquanto os taninos perdem sua atividade adstringente, uma vez que se oxidam facilmente (GODOY *et al.*, 1997). Através do processo de decomposição foliar no sedimento e síntese de matéria orgânica dissolvida, os manguezais atuam como importante fonte de detritos aos sedimentos adjacentes e atuam nas cadeias alimentares marinhas, particularmente dos recursos pesqueiros estuarinos e costeiros (BENNER *et al.*, 1986; LEE, 1995).

Grande parte dos caranguejos de manguezal alimentam-se da serrapilheira, enquanto os camarões se utilizam dos detritos provenientes do manguezal (FRATINI *et al.*, 2004). A qualidade de alimento é considerada um fator limitante para as populações de caranguejos terrestres e semiterrestres (WOLCOTT, 1988), como observado por CONDE *et al.* (1995), que avaliaram a qualidade alimentar das folhas de mangue e sua influência sobre o crescimento diferencial de populações de *Aratus pisonii* (H. Milne Edwards, 1837).

Desta forma, a determinação das características químicas e nutricionais das folhas das espécies de mangue torna-se de grande importância, uma vez que são a matéria prima do processo de ciclagem de nutrientes no ambiente, com influência nas cadeias tróficas estuarinas e marinhas. Pelo exposto, os objetivos do presente estudo foram quantificar os polifenóis totais e os macro e micronutrientes das principais espécies arbóreas de manguezal da região de Iguape (SP), avaliando sua variação em função do estágio de maturação foliar e ao longo das estações climáticas, fornecendo, assim, subsídios ao conhecimento do aspecto nutricional da principal fonte alimentar deste ecossistema.

Material e Métodos

A coleta do material vegetal foi realizada em áreas de manguezal de uma ilha estuarina próxima à Barra de Icapara, na Área de Proteção Ambiental (APA) do Complexo Estuarino-Lagunar Cananéia-Iguape-Peruíbe (CIP), sendo coletadas folhas das três principais espécies arbóreas de mangue [*Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman ex Moldenke, *Laguncularia racemosa* C.F.Gaertn e *Rhizophora mangle* L.], em quatro estágios de maturação foliar, a saber: jovens (pequenas folhas do 1º ramo), maduras (verdes do 3º ramo), senescentes pré-abscisão (folhas amarelas ainda presas às árvores que soltavam-se com o toque do coletor) e senescentes pós-abscisão (folhas amarelas sobre o sedimento).

Foram realizadas três réplicas para cada estação climática (outono: abril a junho/2004; inverno: julho a setembro/2004; primavera: outubro a dezembro/2004; verão: janeiro a março/2005), sendo cada uma em um dos meses que compõe a estação. Cada amostra mensal compreendeu a coleta de aproximadamente 60 folhas, em alturas variando de 0,5 a 2,5m, em áreas pré-estabelecidas, evitando a influência de possíveis variações espaciais. As folhas inicialmente foram mantidas em local sombreado, dentro de sacos plásticos perfurados para melhor ventilação. Em laboratório as folhas foram separadas em quantidades iguais para as amostras de

polifenóis e nutrientes, sendo descartadas aquelas com galhas ou qualquer tipo de dano estrutural. As amostras para as análises de polifenóis foram lavadas individualmente sob água corrente em abundância, secas com panos limpos e mantidas sob refrigeração (no máximo por 48h), antes de serem secas em estufa de ventilação forçada de ar (60°C por 72h) e submetidas à moagem (moinho de facas).

Para a determinação dos polifenóis totais utilizou-se o método colorimétrico de Folin-Denis. Neste sentido, foram pesadas 300mg de cada amostra, colocadas em frascos individuais, às quais foram adicionados 10mL de metanol para reação por 24h, com várias agitações ocasionais. Em seguida, o material foi filtrado com filtro faixa preta e a solução remanescente colocada em um balão volumétrico de 100mL, tendo seu volume completado com água destilada e agitado para homogeneização. Para a determinação da alíquota a ser utilizada para cada espécie de mangue, foram realizados testes prévios, estabelecendo-se os volumes de 1, 10 e 50mL para *L. racemosa*, *R. mangle* e *A. schaueriana*, respectivamente. O respectivo volume do balão de cada amostra foi colocado em um becker, com adição de 5mL do reagente de Folin-Denis. Após 3 minutos foram acrescentados 10mL de uma solução saturada de carbonato de sódio e 50mL de água destilada, sendo conteúdo agitado e mantido em repouso por 1 hora. Após este período foi retirada uma alíquota do sobrenadante, com determinação da absorbância a 725nm, num espectrofotômetro Hatch. Os resultados foram convertidos para % polifenóis/mg de folha seca, através de curva padrão confeccionada com ácido tânico. Foram realizadas três repetições para cada amostra, sendo a média resultante empregada nas análises quando o coeficiente de variação foi inferior a 15%.

Para as análises de nutrientes, após a coleta, as folhas passaram por um processo de lavagem, consistindo de: 1) água corrente; 2) água com detergente neutro a 5%; 3) água corrente (segunda lavagem); 4) solução de água destilada saturada com HCl; e 5) água destilada em abundância. Posteriormente, as folhas foram secas com panos limpos, mantidas sob refrigeração (no máximo por 48h), secas em estufa de ventilação forçada de ar (60°C por 72h) e submetidas a moagem em um moinho de facas.

As amostras foram mantidas em sacos de papel e enviadas ao Departamento de Sedimentos e Adubos da FCAV, UNESP Jaboticabal, onde foram realizadas as análises de composição química de rotina (P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, B, Cu, Zn, S e N), conforme os métodos descritos por BATAGLIA *et al.* (1983).

A normalidade e a homocedasticidade (Teste de Cochran) dos dados foram testadas e quando necessário os dados foram transformados ($\arcsen \sqrt{p}$, para os valores em porcentagem de polifenóis; e transformação logarítmica para os valores de nutrientes). Os resultados foram comparados estatisticamente por análises ortogonais considerando-se as estações climáticas (outono, inverno, primavera, verão), espécies de mangue (*A. schaueriana*, *L. racemosa*, *R. mangle*) e estágios de maturação (jovem, maduro, senescente pré-abscisão, senescente pós-abscisão) como fatores fixos em uma Análise de Variância em 3 vias com comparação “a posteriori” pelo teste de Tukey (5%), segundo a rotina do Software STATISTICA.

Resultados

A composição de polifenóis e nutrientes variou entre as espécies, e encontra-se descrita nas Tabelas 1 e 2. As concentrações de polifenóis totais variaram significativamente em função das interações das espécies de mangue com as estações climáticas e estágios de maturação foliar (Figura 1 e Tabela 3). Em relação às estações climáticas, observou-se uma queda significativa da concentração de polifenóis em *L. racemosa* durante o inverno quando comparada a da primavera e verão (Figura 2), enquanto as folhas de *A. schaueriana* e *R. mangle* não apresentaram variações sazonais significativas.

A espécie *L. racemosa* apresentou a maior quantidade de polifenóis em relação às demais, correspondendo a $33,2 \pm 17,2\%$ do peso seco da folha, ocorrendo em quantidade significativamente maior nas folhas jovens quando comparadas às maduras e senescentes (Figura 1). Nas folhas de *R. mangle* os polifenóis totalizaram, em média,

5,9±4,8% de seu peso seco, com uma elevação significativa da concentração com o processo de senescência, enquanto *A. schaueriana* apresentou uma baixa concentração (0,6±0,3%), sem qualquer variação com a maturação foliar (Figura 1).

Tabela 1. Composição de polifenóis e nutrientes (média ± desvio padrão) das espécies de mangue (*A. schaueriana*, *L. racemosa* e *R. mangle*) e estágios de maturação foliar (J = jovem, M = madura, SPR = senescente pré-abscisão, SPO = senescente pós-abscisão) em uma ilha estuarina próxima à Barra de Icapara, Iguape (SP), no período de abril/2004 a março/2005.

Espécie	Estágio	Polifenóis ¹	N ²	P ²	K ²	Ca ²	Mg ²
<i>A. schaueriana</i>	J	0,74±0,49	32,03±4,39	1,65±0,93	17,78±2,32	3,21±0,26	4,98±0,40
	M	0,31±0,07	18,89±1,80	1,12±0,53	17,08±1,79	4,90±0,50	8,11±0,87
	SPR	0,57±0,18	9,19±0,78	1,17±0,66	16,79±1,88	5,51±0,47	11,43±1,84
	SPO	0,57±0,21	8,42±0,52	1,70±1,23	14,60±2,65	5,84±0,82	12,02±2,39
<i>L. racemosa</i>	J	43,99±13,49	15,12±1,61	1,21±0,51	13,49±1,23	4,23±0,95	2,42±0,47
	M	30,92±20,33	12,01±1,00	1,15±0,60	6,12±1,20	5,36±0,89	2,90±0,32
	SPR	30,13±18,25	6,41±1,57	1,70±1,06	3,27±0,83	5,81±0,96	3,34±0,38
	SPO	27,89±12,44	5,85±1,37	1,04±0,60	2,45±0,49	6,12±1,19	3,64±0,37
<i>R. mangle</i>	J	2,14±1,07	20,93±1,63	1,08±0,66	11,60±1,03	9,39±1,08	4,37±0,37
	M	2,98±1,63	17,23±1,25	1,53±0,96	10,02±2,57	11,69±1,24	4,83±0,54
	SPR	6,36±2,37	10,38±1,53	1,07±0,69	7,40±2,02	13,78±3,51	5,74±1,06
	SPO	12,28±4,25	7,98±0,73	1,07±0,66	4,69±1,08	13,67±1,97	5,18±0,77

¹%; ²g kg⁻¹

Tabela 2. Composição de nutrientes (média \pm desvio padrão) das espécies de mangue (*A. schaueriana*, *L. racemosa* e *R. mangle*) e estágios de maturação foliar (J = jovem, M = madura, SPR = senescente pré-abscisão, SPO = senescente pós-abscisão) em uma ilha estuarina próxima à Barra de Icapara, Iguape (SP), no período de abril/2004 a março/2005.

Espécie	Estágio	S ¹	B ²	Fe ²	Cu ²	Mn ²	Zn ²
<i>A. schaueriana</i>	J	2,98 \pm 0,44	37,83 \pm 9,68	115,42 \pm 101,65	9,50 \pm 2,47	54,67 \pm 5,52	23,67 \pm 4,12
	M	3,50 \pm 0,33	45,08 \pm 6,86	117,92 \pm 32,90	4,50 \pm 1,45	131,67 \pm 30,81	19,67 \pm 8,28
	SPR	4,47 \pm 0,56	56,58 \pm 6,91	209,00 \pm 34,80	2,00 \pm 1,54	210,92 \pm 35,58	18,50 \pm 5,02
	SPO	4,33 \pm 0,66	57,25 \pm 5,79	308,50 \pm 123,17	1,25 \pm 0,87	243,50 \pm 55,13	14,75 \pm 3,65
<i>L. racemosa</i>	J	1,68 \pm 0,60	40,92 \pm 10,62	40,00 \pm 15,36	2,42 \pm 1,24	18,42 \pm 4,19	13,17 \pm 4,34
	M	2,47 \pm 0,53	22,25 \pm 3,55	226,50 \pm 83,56	0,83 \pm 0,39	43,58 \pm 7,89	13,17 \pm 3,93
	SPR	2,76 \pm 0,57	26,08 \pm 4,29	387,00 \pm 76,21	0,75 \pm 0,45	44,67 \pm 10,06	11,00 \pm 3,28
	SPO	2,89 \pm 0,45	28,25 \pm 4,11	441,58 \pm 116,14	0,75 \pm 0,45	38,42 \pm 7,91	9,67 \pm 3,87
<i>R. mangle</i>	J	2,50 \pm 0,27	33,42 \pm 8,65	52,17 \pm 24,82	2,33 \pm 1,30	196,92 \pm 35,30	10,25 \pm 2,22
	M	3,35 \pm 0,61	42,92 \pm 4,85	58,75 \pm 13,75	0,83 \pm 0,58	373,75 \pm 63,25	5,33 \pm 2,23
	SPR	3,47 \pm 0,74	50,50 \pm 7,56	81,75 \pm 19,81	0,83 \pm 0,39	436,67 \pm 122,26	4,67 \pm 4,16
	SPO	4,27 \pm 0,49	57,17 \pm 6,51	86,33 \pm 17,94	0,75 \pm 0,45	376,67 \pm 68,67	3,75 \pm 2,70

¹g kg⁻¹; ²mg kg⁻¹

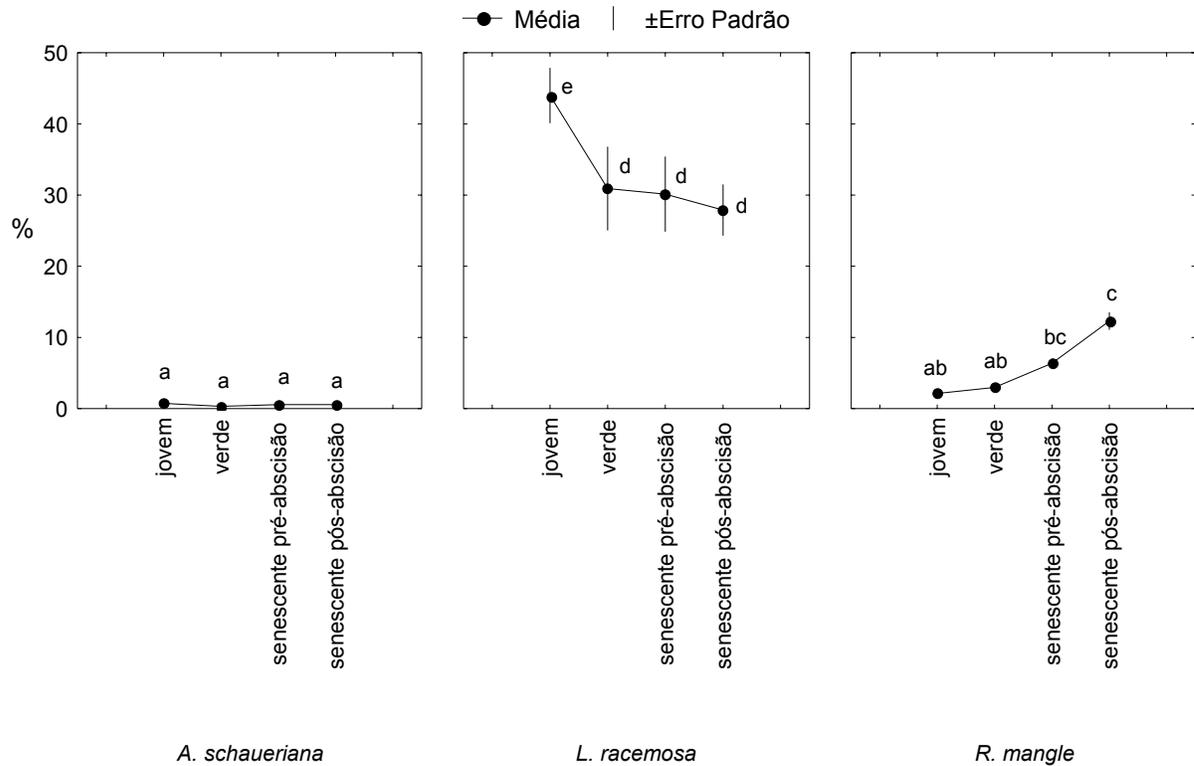


Figura 1. Concentração de polifenóis por estágio de maturação foliar das principais espécies de mangue em uma ilha estuarina próxima à Barra de Icapara, Iguape (SP), no período de abril/2004 a março/2005. Médias seguidas de pelo menos uma letra em comum não diferem significativamente (Teste de Tukey, 5%).

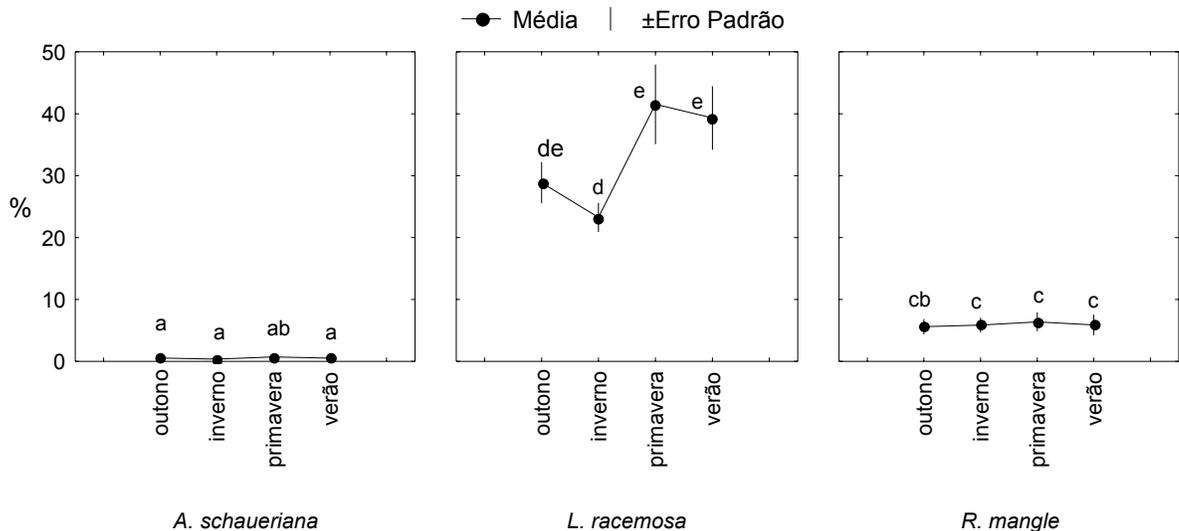


Figura 2. Concentração de polifenóis por estação climática das principais espécies de mangue em uma ilha estuarina próxima à Barra de Icapara, Iguape (SP), no período de abril/04 a março/05. Médias seguidas de pelo menos uma letra em comum não diferem significativamente (Teste de Tukey, 5%).

A composição de macro e micro nutrientes nas folhas também apresentou variações sazonais, bem como inter e intra-específicas. As concentrações de N e P apresentaram padrão semelhante, com influência significativa da interação entre espécies e estágios de maturação, bem como das estações climáticas (Tabelas 3 e 4, respectivamente). As folhas jovens de *A. schaueriana* apresentaram as maiores quantidades destes dois elementos, que sofreram redução significativa com o processo de maturação foliar, independente da espécie considerada (Figura 3). As folhas de *L. racemosa* possuem a menor quantidade de N, com minimização significativa em relação às demais espécies durante o processo de senescência (Figura 3).

Tabela 3. Análise de Variância em 3 vias descrevendo a variação de polifenóis e N em função das estações climáticas (outono, inverno, primavera e verão), espécies de mangue (*A. schaueriana*, *L. racemosa* e *R. mangle*) e estágios de maturação foliar (jovem, madura, senescente pré-abscisão e pós-abscisão) em uma ilha estuarina próxima à Barra de Icapara, Iguape (SP), no período de abril/2004 a março/2005.

Fonte de Variação	Polifenóis			N		
	QM	F	p*	QM	F	p*
Estação Climática (EC)	143,72	4,15	0,0082	0,0172	6,74	0,0004
Espécie (ES)	11991,45	346,26	<0,0001	0,6039	237,23	<0,0001
Estágio de Maturação (EM)	73,08	2,11	0,1040	1,8045	708,87	<0,0001
EC*ES	107,59	3,11	0,0080	0,0032	1,24	0,2938
EC*EM	24,23	0,70	0,7076	0,0049	1,93	0,0564
ES*EM	267,43	7,72	<0,0001	0,0325	12,78	<0,0001
EC*ES*EM	22,91	0,66	0,8401	0,0043	1,69	0,0543
Erro	34,63			0,0025		

*Valores em negrito indicam significância

Tabela 4. Análise de Variância em 3 vias descrevendo a variação de P e K em função das estações climáticas (outono, inverno, primavera e verão), espécies de mangue (*A. schaueriana*, *L. racemosa* e *R. mangle*) e estágios de maturação foliar (jovem, madura, senescente pré-abscisão e pós-abscisão) em uma ilha estuarina próxima à Barra de Icapara, Iguape (SP), no período de abril/2004 a março/2005.

Fonte de Variação	P			K		
	QM	F	p*	QM	F	p*
Estação Climática (EC)	0,0275	7,37	0,0002	0,0167	3,05	0,0322
Espécie (ES)	0,4037	108,10	<0,0001	3,2761	597,42	<0,0001
Estágio de Maturação (EM)	2,3918	640,38	<0,0001	1,1403	207,94	<0,0001
EC*ES	0,0069	1,84	0,0987	0,0290	5,28	0,0001
EC*EM	0,0042	1,12	0,3550	0,0082	1,49	0,1612
ES*EM	0,0210	5,63	0,0001	0,2877	52,46	<0,0001
EC*ES*EM	0,0053	1,42	0,1401	0,0054	0,98	0,4893
Erro	0,0037			0,0055		

*Valores em negrito indicam significância

Em relação ao P, encontrou-se grande similaridade entre *L. racemosa* e *R. mangle*, com as folhas senescentes pós-abscisão desta última espécie apresentando uma quantidade significativamente menor de macro nutriente (Figura 3). As concentrações de N e P variaram sazonalmente, independente da espécie ou estágio de maturação, com uma diminuição significativa de N e P do inverno para o verão (Figura 4).

As variações nas concentrações de K apresentaram forte influência da interação entre espécies e estágios de maturação, bem como entre espécies e estações climáticas (Tabela 4). As maiores quantidades de K foram encontradas nas folhas de *A. schaueriana*, sem nenhuma influência intra-específica dos estágios de maturação

(Figura 3), enquanto *R. mangle* apresentou valores intermediários, e *L. racemosa* evidenciou ampla variação de concentrações (elevadas nas folhas jovens e reduzidas nos estágios senescentes), com redução significativa segundo o processo de maturação foliar. Com relação às variações sazonais, *A. schaueriana* e *L. racemosa* não apresentaram alterações ao longo do ano, no entanto, as folhas de *R. mangle* apresentaram decréscimo significativo nos teores de K durante o inverno em comparação com o verão, atingindo concentrações semelhantes às obtidas para *L. racemosa* nesta estação (Figura 5).

As diferenças nas quantidades de Ca entre as espécies foi evidente, com concentrações significativamente maiores em *R. mangle* ($12,1 \pm 2,8 \text{ g kg}^{-1}$) do que em *L. racemosa* ($5,4 \pm 1,2 \text{ g kg}^{-1}$), sendo ambas superiores às de *A. schaueriana* ($4,9 \pm 1,2 \text{ g kg}^{-1}$) ($F=569,93$; $p<0,001$). Além disso, a concentração de Ca aumentou significativamente do estágio jovem para os demais, sendo estas diferenças influenciadas por variações sazonais, como pode ser observado na interação com as estações climáticas (Tabelas 5 e 6).

As análises revelaram interação de segunda ordem entre as espécies, estágios de maturação foliar e estações climáticas apenas para Mg ($F=2,04$; $p=0,014$; Tabela 5). As concentrações deste elemento foram maiores em *A. schaueriana*, seguidas por *R. mangle* e *L. racemosa*, sendo que em folhas jovens de *A. schaueriana* a concentração de Mg foi significativamente menor do que nos demais estágios em todas as estações climáticas ($p<0,01$). Entretanto, apenas durante o inverno as folhas senescentes desta espécie apresentaram um aumento significativo de Mg em comparação com as folhas maduras ($p<0,01$) (Figura 6).

Nas demais espécies as concentrações de Mg também variaram sazonalmente, uma vez que foi observado um aumento significativo nas folhas senescentes pré-abscisão de *L. racemosa* apenas durante o inverno e primavera, enquanto para *R. mangle* observou-se apenas para as senescentes pré-abscisão durante a primavera e o verão ($p<0,01$; Figura 6), evidenciando uma forte interação entre as espécies, seus estágios de maturação e as estações climáticas.

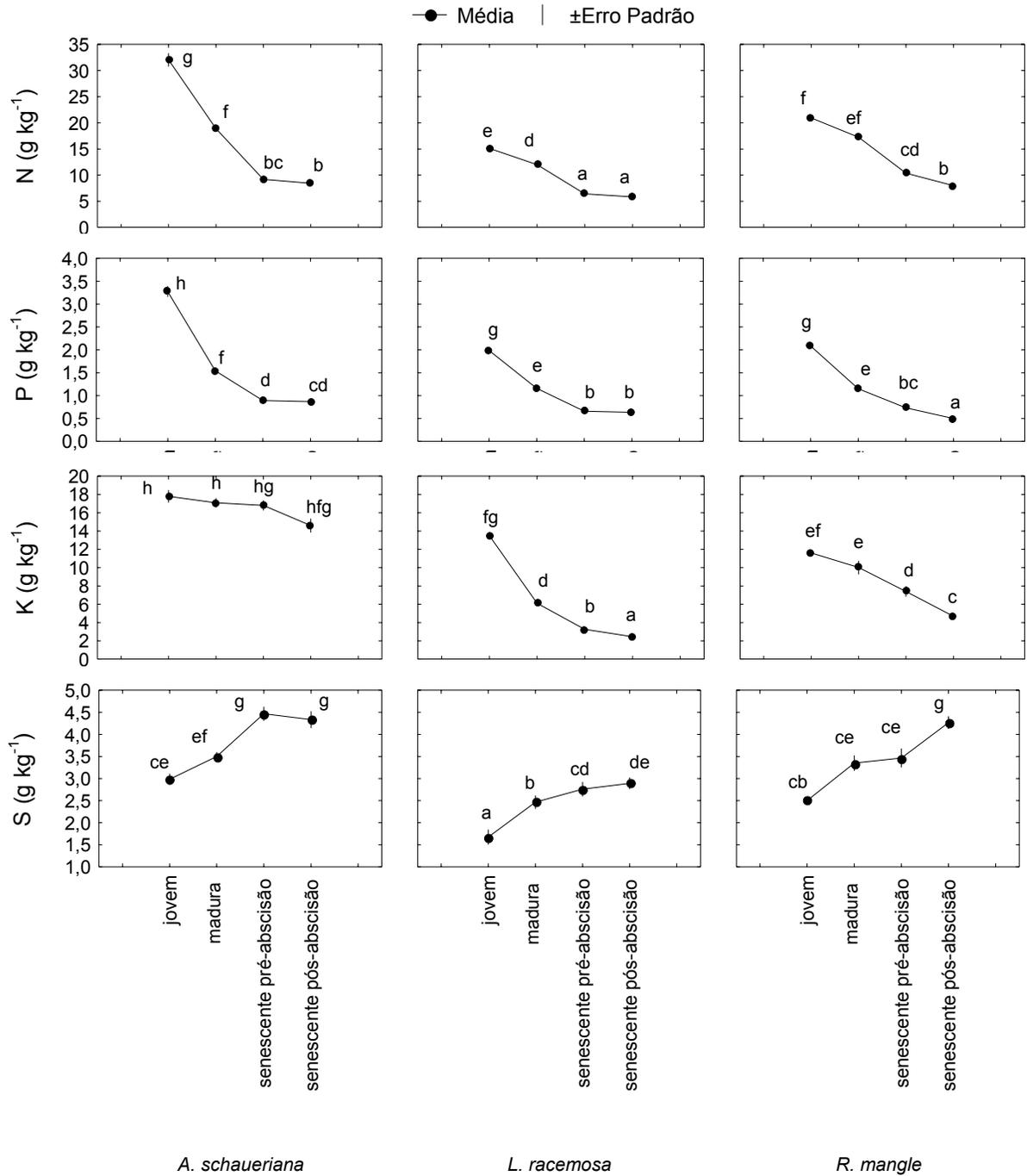


Figura 3. Concentração de macro nutrientes por estágio de maturação foliar das principais espécies de mangue em ilha estuarina próxima à Barra de Icapara, Iguape (SP), no período de abril/2004 a março/2005. Médias seguidas de pelo menos uma letra em comum, dentro de um mesmo nutriente, não diferem significativamente (Teste de Tukey, 5%).

Tabela 5. Análise de Variância em 3 vias descrevendo a variação de Ca e Mg em função das estações climáticas (outono, inverno, primavera e verão), espécies de mangue (*A. schaueriana*, *L. racemosa* e *R. mangle*) e estágios de maturação foliar (jovem, madura, senescente pré-abscisão e pós-abscisão) em uma ilha estuarina próxima à Barra de Icapara, Iguape (SP), no período de abril/2004 a março/2005.

Fonte de Variação	Ca			Mg		
	QM	F	p*	QM	F	p*
Estação Climática (EC)	0,0036	0,89	0,4496	0,0041	1,46	0,2307
Espécie (ES)	2,2984	569,83	<0,0001	2,4610	882,52	<0,0001
Estágio de Maturação (EM)	0,2792	69,23	<0,0001	0,3516	126,09	<0,0001
EC*ES	0,0061	1,51	0,1817	0,0127	4,54	0,0004
EC*EM	0,0081	2,02	0,0453	0,0038	1,34	0,2249
ES*EM	0,0080	1,99	0,0750	0,0573	20,53	<0,0001
EC*ES*EM	0,0053	1,31	0,1966	0,0057	2,04	0,0142
Erro	0,0040			0,0028		

*Valores em negrito indicam significância

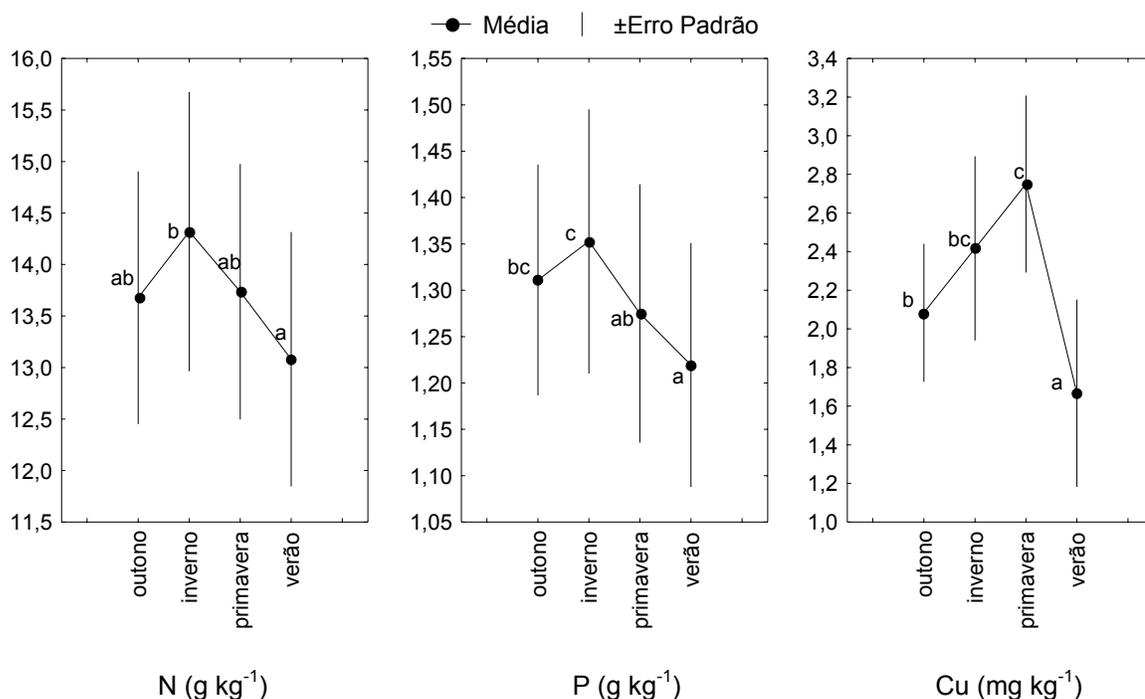


Figura 4. Variação sazonal de N, P e Cu da matéria vegetal coletada em uma ilha estuarina próxima à Barra de Icapara, Iguape (SP), no período de abril/04 a março/05. Médias seguidas de pelo menos uma letra em comum, dentro de um mesmo nutriente, não diferem significativamente (Teste de Tukey, 5%).

Tabela 6. Efeito da estação climática e estágios de maturação foliar na concentração de Ca (média ± desvio padrão, em g kg⁻¹) das folhas de mangue coletadas em uma ilha estuarina próxima à Barra de Icapara, Iguape (SP), no período de abril/2004 a março/2005.

Estação Climática	Estágios de Maturação Foliar			
	<i>Jovem</i>	<i>Madura</i>	<i>Senescente Pré-Abscisão</i>	<i>Senescente Pós-Abscisão</i>
Outono	5,91 ± 3,21 ab	6,99 ± 3,13 bc	7,39 ± 2,88 c	8,04 ± 3,43 c
Inverno	5,97 ± 3,09 ad	7,61 ± 3,87 c	7,36 ± 3,21 c	8,06 ± 2,94 c
Primavera	5,28 ± 3,15 a	7,37 ± 3,48 cd	9,20 ± 4,98 c	8,82 ± 4,22 c
Verão	5,28 ± 2,38 a	7,30 ± 3,11 c	9,51 ± 6,05 c	9,24 ± 5,28 c

*Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não são significativamente diferentes (Teste de Tukey, 5%).

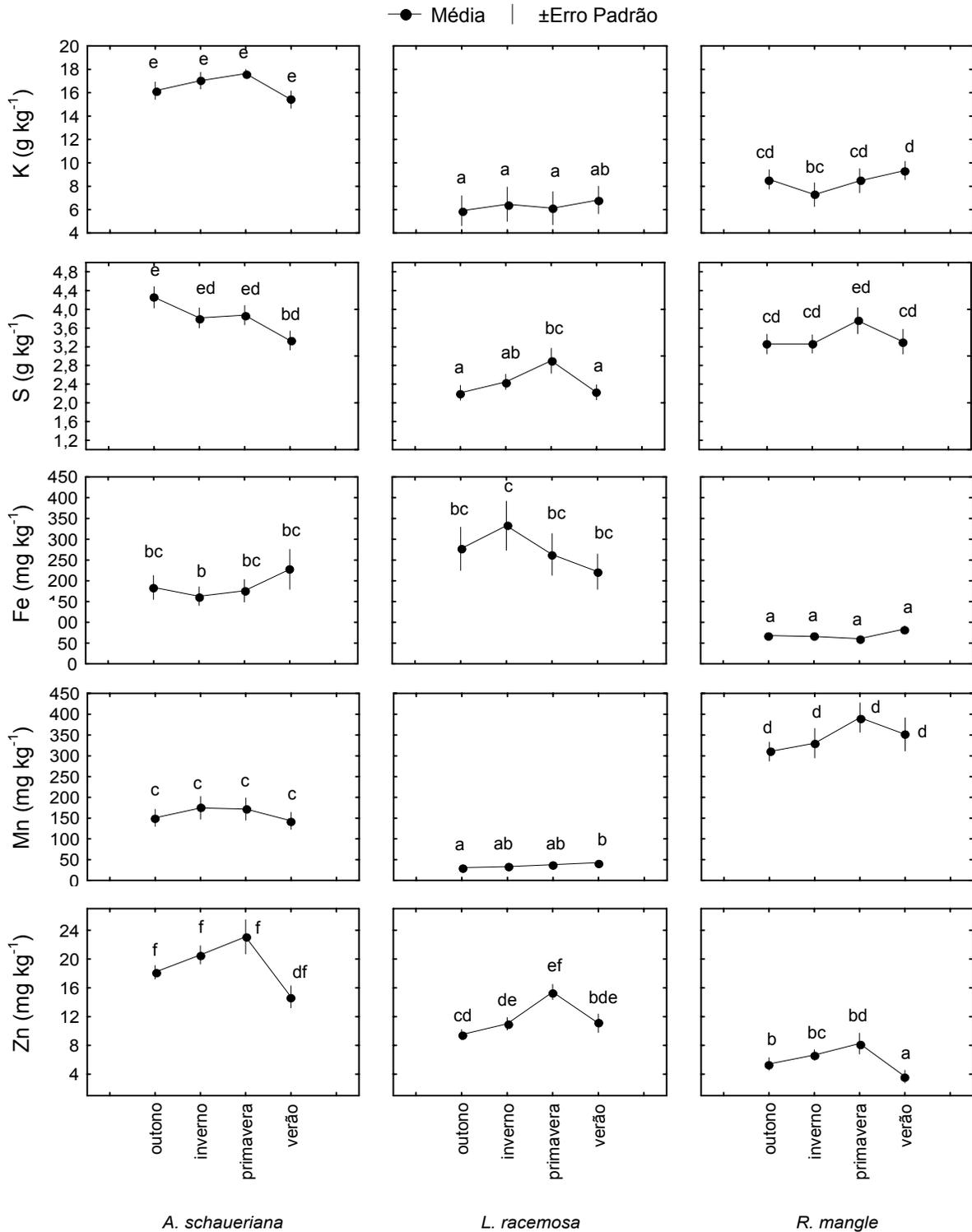


Figura 5. Concentração de macro e micro nutrientes por estação climática das principais espécies de mangue em uma ilha estuarina próxima à Barra de Icapara, Iguape (SP), no período de abril/2004 a março/2005. Médias seguidas de pelo menos uma letra em comum, dentro de um mesmo nutriente, não diferem significativamente (Teste de Tukey, 5%).

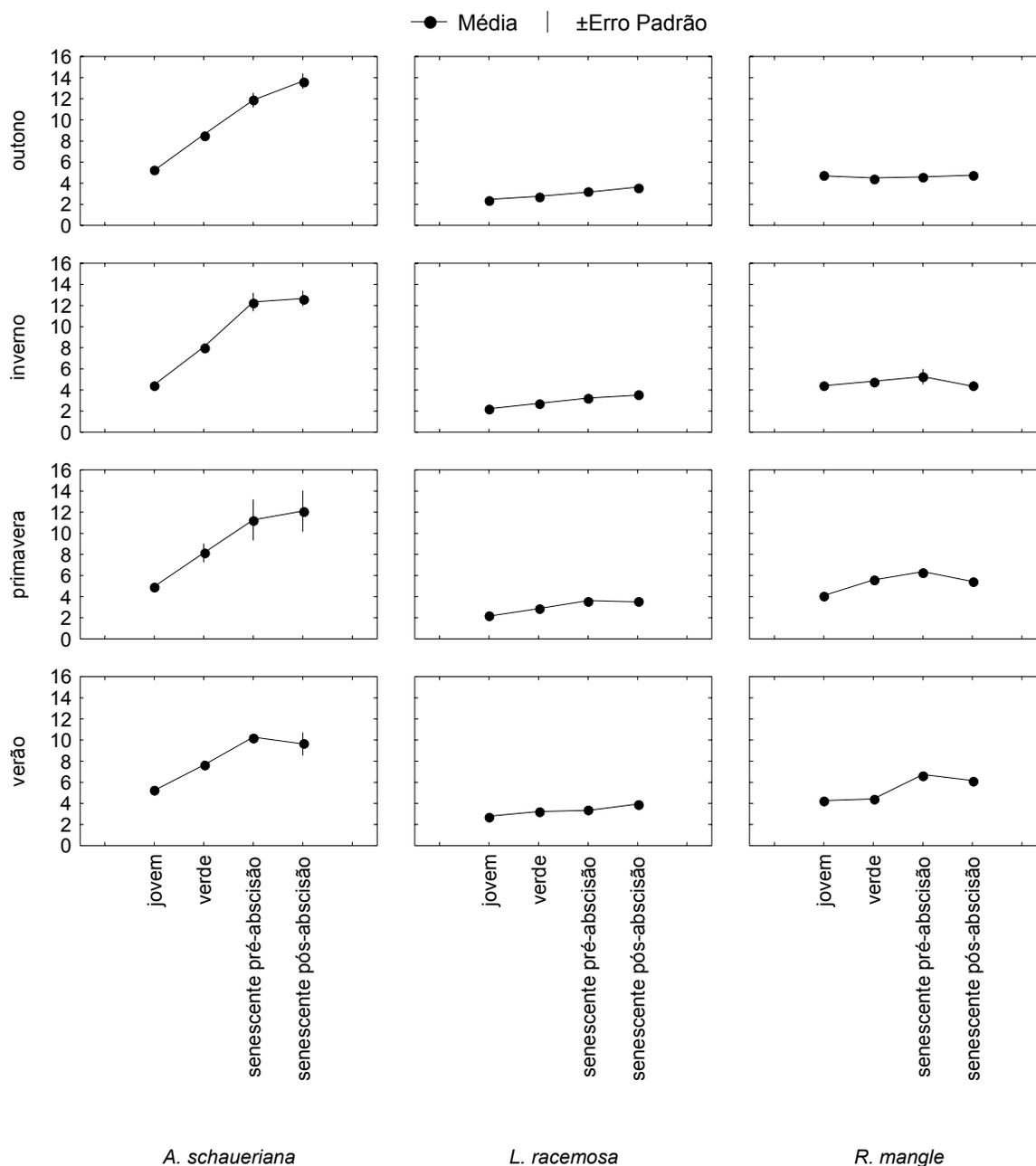


Figura 6. Concentração de Mg (g kg^{-1}) em cada estação climática por estágio de maturação foliar das principais espécies de mangue em uma ilha estuarina próxima à Barra de Icapara, Iguape (SP), no período de abril/2004 a março/2005.

Assim como observado para Ca e Mg, ocorreu um aumento na quantidade de S em pelo menos um dos processos de maturação foliar, com forte interação com as espécies em estudo (Tabela 7). As concentrações encontradas em *A. schaueriana* foram similares às de *R. mangle*, enquanto *L. racemosa* apresentou menores quantidades, principalmente nas folhas jovens (Figura 3). As variações sazonais apresentaram forte relação com a espécie ($F=3,664$; $p=0,0025$), observando-se um aumento significativo no inverno para *A. schaueriana* e *L. racemosa* (Figura 5).

Tabela 7. Three-way ANOVA descrevendo a variação de S e B em função das estações climáticas (outono, inverno, primavera e verão), espécies de mangue (*A. schaueriana*, *L. racemosa* e *R. mangle*) e estágios de maturação foliar (jovem, madura, senescente pré-abscisão e pós-abscisão) em uma ilha estuarina próxima à Barra de Icapara, Iguape (SP), no período de abril/2004 a março/2005.

Fonte de Variação	S			B		
	QM	F	p*	QM	F	p*
Estação Climática (EC)	0,0354	8,96	<0,0001	0,0897	30,0	<0,0001
Espécie (ES)	0,5271	133,50	<0,0001	0,7477	249,7	<0,0001
Estágio de Maturação (EM)	0,3182	80,58	<0,0001	0,0979	32,7	<0,0001
EC*ES	0,0145	3,66	<0,0001	0,0061	2,0	<0,0001
EC*EM	0,0062	1,57	0,1349	0,0067	2,2	<0,0001
ES*EM	0,0127	3,23	<0,0001	0,1366	45,6	<0,0001
EC*ES*EM	0,0062	1,58	0,0815	0,0031	1,0	0,4451
Erro	0,0040			0,0030		

*Valores em negrito indicam significância

As concentrações de B variaram em função das interações dos estágios de maturação com a espécie ($F=45,6$, $p<0,0001$) e com as estações climáticas ($F=2,2$; $p=0,0253$; Tabela 7). As folhas de *A. schaueriana* e *R. mangle* apresentaram

concentrações semelhantes e com aumento significativo do estágio jovem para os senescentes, enquanto que para *L. racemosa* foi evidente a redução do estágio juvenil para o maduro, com um aumento significativo durante a senescência, porém mantendo valores estatisticamente menores do que as demais espécies (Figura 7). Em relação às estações climáticas, observou-se um aumento significativo da quantidade de B nos estágios jovem e maduros durante o verão em relação às outras estações, e das folhas senescentes pós-abscisão na comparação entre verão com outono/inverno (Tabela 8).

A alteração nas concentrações de Cu nas folhas sofreram forte influência da estação climática e da interação entre as espécies e estágios de maturação ($F=20,14$ e $10,403$, respectivamente; $p<0,0001$, Tabela 9). As folhas de *L. racemosa* e *R. mangle* apresentaram concentrações e alterações semelhantes durante a maturação, com valores significativamente maiores nos estágios jovens em relação aos demais, os quais foram estatisticamente similares aos obtidos para as folhas senescentes de *A. schaueriana*. No entanto, esta espécie apresentou concentrações elevadas de Cu no estágio jovem, diminuindo significativamente nas folhas maduras, embora estes ainda sejam superiores ao dos demais estágios e espécies (Figura 7). Da mesma forma, a quantidade de Cu durante o verão foi significativamente menor do que nas demais estações, com diferença também evidente entre o outono e a primavera (Figura 4).

A maior variação da concentração de Fe ocorreu em *L. racemosa*, com um aumento significativo do estágio jovem ao senescente. Todas as interações de primeira ordem entre os parâmetros analisados influenciaram significativamente as alterações na quantidade de Fe (Tabela 9). As folhas de *A. schaueriana* apresentaram concentrações similares às de *L. racemosa*, com os estágios senescentes de ambas sendo significativamente maiores do que os de *R. mangle*, que por sua vez apresentou reduzida variação e valores próximos aos estágios jovem e maduros das demais espécies (Figura 7). De forma geral, esta espécie manteve concentrações sazonais de Fe significativamente menores do que as demais espécies, as quais foram similares entre si, com exceção da diferença significativa diminuição na concentração em *A. schaueriana* e concomitante aumento em *L. racemosa* no inverno ($p<0,01$) (Figura 5). O estágio jovem sempre manteve valores significativamente menores do que os demais

do outono a primavera, apresentando elevação no verão, quando atingiu concentrações similares ao estágio maduro (Tabela 10).

As três espécies apresentaram diferentes concentrações de Mn, com os maiores valores para *R. mangle*, seguidos por *A. schaueriana*, e menores em *L. racemosa*, evidenciando baixa variação, porém com diferença significativa entre as folhas jovens e maduras (Figura 7, Tabela 11). As concentrações não variaram sazonalmente em *A. schaueriana* e *R. mangle*, embora tenham diferido significativamente entre o verão e outono em *L. racemosa* (Figura 5).

De forma similar, observaram-se diferenças na quantidade de Zn entre as espécies, com *A. schaueriana* apresentando valores maiores do que *L. racemosa*, e ambas do que *R. mangle*, com significativo decréscimo em relação ao estágio de maturação foliar para *A. schaueriana* e *R. mangle* (Figura 7). Observou-se um aumento significativo para *L. racemosa* durante o inverno em comparação ao verão, bem como uma expressiva redução na concentração de Zn durante esta estação nas folhas de *R. mangle* (Figura 5). Além disso, as folhas senescentes apresentaram quantidades significativamente menores durante o verão, conforme observado na Tabela 12.

Tabela 8. Efeito da estação climática e estágios de maturação foliar na concentração de B (média \pm desvio padrão, mg kg⁻¹) das folhas de mangue coletadas em uma ilha estuarina próxima à Barra de Icapara, Iguape (SP), no período de abril/2004 a março/2005.

Estação Climática	Estágios de Maturação Foliar*			
	<i>Jovem</i>	<i>Madura</i>	<i>Senescente Pré-Abscisão</i>	<i>Senescente Pós-Abscisão</i>
Outono	33,33 \pm 4,87 ag	33,56 \pm 11,72 a	41,22 \pm 14,26 acf	42,78 \pm 13,93 bdefg
Inverno	34,00 \pm 12,79 a	37,22 \pm 13,84 ad	44,33 \pm 17,86 bcdf	46,11 \pm 15,74 bf
Primavera	33,33 \pm 4,44 ae	35,44 \pm 11,13 a	42,44 \pm 13,73 bcdef	48,89 \pm 16,03 bfh
Verão	48,89 \pm 4,86 bh	40,78 \pm 10,32 bc	49,56 \pm 13,96 fh	52,44 \pm 14,50 h

*Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não são significativamente diferentes (Teste de Tukey, 5%).

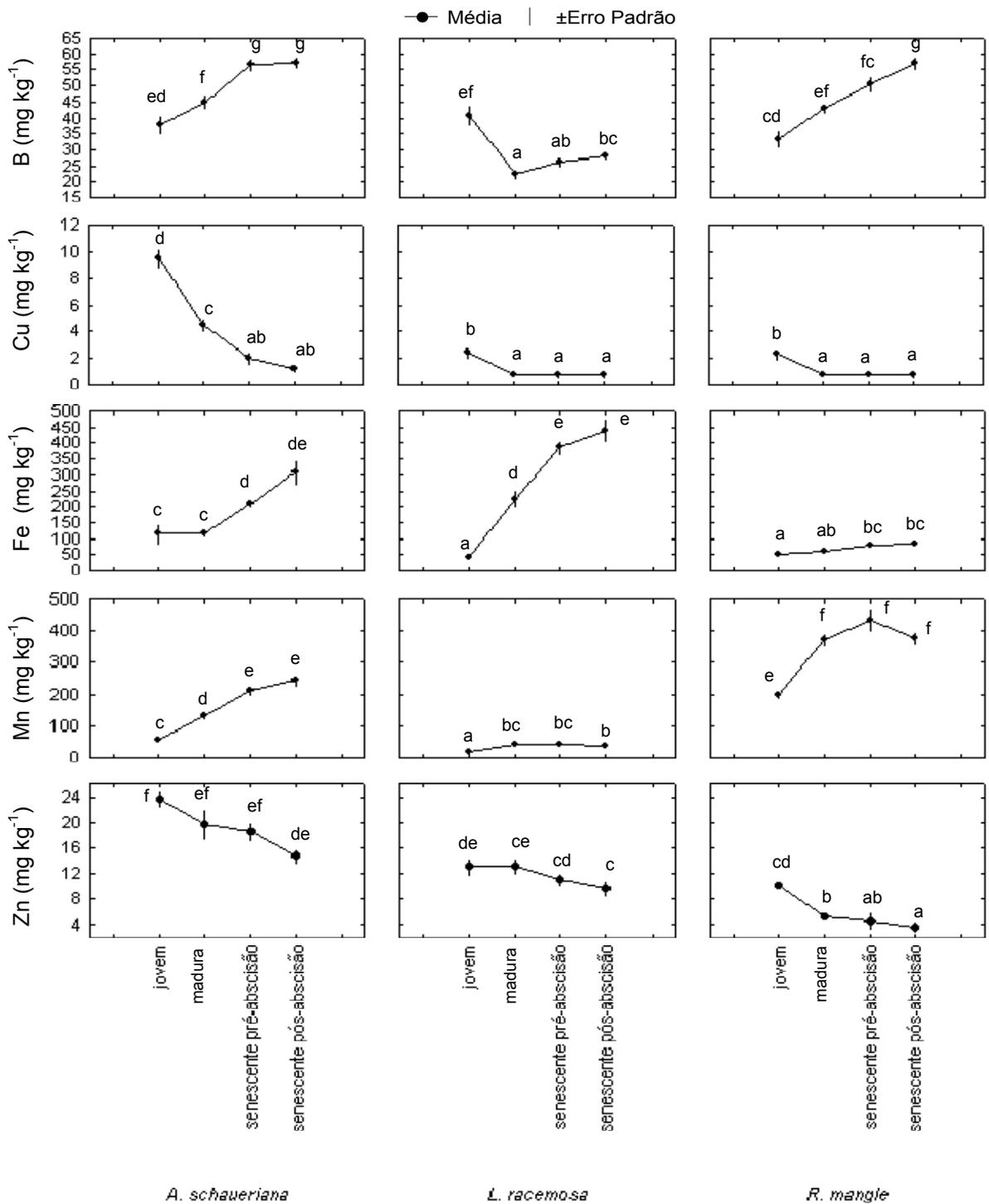


Figura 7. Concentração de micro nutrientes por estágio de maturação foliar das principais espécies de mangue em uma ilha estuarina próxima à Barra de Icapara, Iguape (SP), no período de abril/2004 a março/2005. Médias seguidas de pelo menos uma letra em comum, dentro de um mesmo nutriente, não diferem significativamente (Teste de Tukey, 5%).

Tabela 9. Análise de Variância em 3 vias descrevendo a variação de Cu e Fe em função das estações climáticas (outono, inverno, primavera e verão), espécies de mangue (*A. schaueriana*, *L. racemosa* e *R. mangle*) e estágios de maturação foliar (jovem, madura, senescente pré-abscisão e pós-abscisão) em uma ilha estuarina próxima à Barra de Icapara, Iguape (SP), de abril/2004 a março/2005.

Fonte de Variação	Cu			Fe		
	QM	F	p*	QM	F	p*
Estação Climática (EC)	0,4184	20,14	<0,0001	0,0398	2,12	0,1030
Espécie (ES)	1,7939	86,35	<0,0001	2,9710	158,07	<0,0001
Estágio de Maturação (EM)	1,2490	60,12	<0,0001	2,5887	137,74	<0,0001
EC*ES	0,0205	0,99	0,4401	0,0420	2,24	0,0461
EC*EM	0,0411	1,98	0,0501	0,0389	2,07	0,0397
ES*EM	0,2161	10,40	<0,0001	0,5233	27,84	<0,0001
EC*ES*EM	0,0132	0,64	0,8622	0,0083	0,44	0,9748
Erro	0,0208			0,0188		

*Valores em negrito indicam significância

Tabela 10. Efeito da estação climática e estágios de maturação foliar na concentração de Fe (média \pm desvio padrão, mg kg⁻¹) das folhas de mangue coletadas em uma ilha estuarina próxima à Barra de Icapara, Iguape (SP), no período de abril/2004 a março/2005.

Estação Climática	Estágios de Maturação Foliar			
	Jovem	Madura	Senescente Pré-Abscisão	Senescente Pós-Abscisão
Outono	53,78 \pm 25,57 a	133,11 \pm 84,53 bc	231,78 \pm 131,02 cdg	286,89 \pm 175,44 g
Inverno	59,33 \pm 29,98 a	161,00 \pm 124,88 bcd	246,89 \pm 174,47 deg	281,56 \pm 203,09 g
Primavera	51,89 \pm 30,79 a	125,00 \pm 79,00 b	225,11 \pm 147,79 ceg	265,11 \pm 157,77 g
Verão	111,78 \pm 122,65 b	118,44 \pm 53,86 be	199,89 \pm 99,87 ceg	281,67 \pm 198,16 g

*Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não são significativamente diferentes (Teste de Tukey, 5%).

Tabela 11. Análise de Variância em 3 vias descrevendo a variação de Mn e Zn em função das estações climáticas (outono, inverno, primavera e verão), espécies de mangue (*A. schaueriana*, *L. racemosa* e *R. mangle*) e estágios de maturação foliar (jovem, madura, senescente pré-abscisão e pós-abscisão) em uma ilha estuarina próxima à Barra de Icapara, Iguape (SP), no período de abril/2004 a março/2005.

Fonte de Variação	Mn			Zn		
	QM	F	p*	QM	F	p*
Estação Climática (EC)	0,0282	4,18	0,0079	0,4689	21,80	<0,0001
Espécie (ES)	11,8685	1761,88	<0,0001	4,1337	192,19	<0,0001
Estágio de Maturação (EM)	1,4710	218,37	<0,0001	0,6003	27,91	<0,0001
EC*ES	0,0212	3,14	0,0074	0,0756	3,52	0,0035
EC*EM	0,0063	0,93	0,5039	0,0489	2,28	0,0233
ES*EM	0,1033	15,33	<0,0001	0,1149	5,34	0,0001
EC*ES*EM	0,0087	1,29	0,2095	0,0126	0,59	0,9005
Erro	0,0067			0,0215		

*Valores em negrito indicam significância

Tabela 12. Efeito da estação climática e estágios de maturação foliar na concentração de Zn (média \pm desvio padrão, mg kg⁻¹) das folhas de mangue coletadas em uma ilha estuarina próxima à Barra de Icapara, Iguape (SP), no período de abril/2004 a março/2005.

Estação Climática	Estágios de Maturação Foliar			
	<i>Jovem</i>	<i>Madura</i>	<i>Senescente Pré-Abscisão</i>	<i>Senescente Pós-Abscisão</i>
Outono	13,67 \pm 5,77 ab	11,67 \pm 6,24 bc	10,11 \pm 6,39 bc	8,67 \pm 5,83 c
Inverno	15,67 \pm 7,98 ab	11,67 \pm 5,61 bc	12,33 \pm 8,06 bc	11,33 \pm 5,15 bc
Primavera	19,44 \pm 6,33 a	16,78 \pm 12,08 ab	14,67 \pm 7,31 b	11,44 \pm 5,83 bcd
Verão	14,00 \pm 6,69 ab	10,78 \pm 5,93 bc	8,44 \pm 5,75 cd	6,11 \pm 4,86 d

*Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não são significativamente diferentes (Teste de Tukey, 5%).

De forma geral, a variação dos polifenóis e dos macro e micro nutrientes tiveram forte influência da espécie de mangue, revelando características químicas distintas nas espécies. A Tabela 13 exibe a comparação de todos os fatores analisados para as três espécies de mangue, com base nas folhas senescentes pós-abscisão disponíveis sobre o sedimento, observando-se uma clara distinção entre as espécies, uma vez que ocorreu similaridade apenas para o Cu. Folhas senescentes de *A. schaueriana* apresentaram concentrações significativamente maiores de N, P, K, Mg, S, B, Mn e Zn, em relação à pelo menos uma das demais espécies, bem como as menores quantidades de Ca e polifenóis. Em um nível intermediário encontram-se as folhas de *R. mangle* com concentrações significativamente maiores de N, Ca, S e B, quantidades intermediárias de polifenóis, K, Mg e Mn, e as menores de P, Fe e Zn, enquanto as folhas de *L. racemosa* apresentaram valores significativamente maiores de polifenóis, Fe e Zn, com concentração intermediária de P e os menores valores de N, K, Ca, Mg, S, B e Mn.

Tabela 13. Concentração de polifenóis, macro e micro nutrientes das folhas senescentes pós-abscisão (média \pm desvio padrão) das principais espécies de mangue coletadas em uma ilha estuarina próxima à Barra de Icapara, Iguape (SP), no período de abril/2004 a março/2005.

		<i>A. schaueriana</i>	<i>L. racemosa</i>	<i>R. mangle</i>
%	Polifenóis	0,57 \pm 0,21 c	27,89 \pm 12,44 a	12,28 \pm 4,25 b
g kg⁻¹	N	8,42 \pm 0,52 a	5,85 \pm 1,37 b	7,98 \pm 0,73 a
	P	0,87 \pm 0,09 a	0,63 \pm 0,17 b	0,50 \pm 0,09 c
	K	14,60 \pm 2,65 a	2,45 \pm 0,49 c	4,69 \pm 1,08 b
	Ca	5,84 \pm 0,82 b	6,12 \pm 1,19 b	13,67 \pm 1,97 a
	Mg	12,02 \pm 2,39 a	3,64 \pm 0,37 c	5,18 \pm 0,77 b
	S	4,33 \pm 0,66 a	2,89 \pm 0,45 b	4,27 \pm 0,49 a
mg kg⁻¹	B	57,25 \pm 5,79 a	28,25 \pm 4,11 b	57,17 \pm 6,51 a
	Cu	1,25 \pm 0,87 a	0,75 \pm 0,45 a	0,75 \pm 0,45 a
	Fe	308,50 \pm 123,17 b	441,58 \pm 116,14 a	86,33 \pm 17,94 c
	Mn	12,02 \pm 2,39 a	3,64 \pm 0,37 c	5,18 \pm 0,77 b
	Zn	14,75 \pm 3,65 a	9,67 \pm 3,87 b	3,75 \pm 2,70 c

*Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, dentro de uma mesma linha, não são significativamente diferentes (Teste de Tukey, 5%).

Discussão

As diferenças observadas na qualidade nutricional das principais espécies de mangue estão de acordo com outros estudos que quantificaram os polifenóis e nutrientes das folhas. De modo geral, observa-se que *A. schaueriana* apresenta a maior quantidade de nutrientes e a menor concentração de polifenóis, podendo ser caracterizada como a espécie de maior valor nutricional. No entanto, embora esta planta apresente as maiores quantidades de nutrientes em comparação às demais,

principalmente N, P, K e Mg, outros macro e micronutrientes (S, B, Mn e Zn) foram encontrados em concentrações significativamente maiores do que em *L. racemosa* e *R. mangle*. Neste sentido, estudos que elucidem a influência destes elementos na palatabilidade das folhas e no requerimento nutricional dos invertebrados que as consomem são de grande importância, já que alimentos com elevados teores de determinadas substâncias podem ser considerados tóxicos.

A baixa concentração de polifenóis de *A. schaueriana* foi observada também por GODOY *et al.* (1997) e GUERRERO-OCAMPO (2002) na costa brasileira e para *Avicennia officinalis* por BASAK *et al.* (1996). A menor quantidade de substâncias adstringentes associadas à maior concentração de nutrientes deve ser o principal fator pelo qual as folhas desta espécie apresentam fortes relações interespecíficas com insetos. Prova disso é a frequência elevada de galhas nas folhas das espécies arbóreas nos manguezais de Iguape, bem como sua ampla utilização por herbívoros em diversos estudos (ALONGI, 1997).

No presente trabalho, *R. mangle* poderia ser classificada como espécie de valor nutricional intermediário, uma vez que apresentou elevadas concentrações de N e Ca, concentrações intermediárias de polifenóis e K, além de baixas concentrações de P. Devido ao fato dos manguezais serem ambientes oligotróficos, com baixa disponibilidade de N e P (FELLER, 1995; KANDIL *et al.*, 2004), alimentos com maiores quantidades destes elementos caracterizam a melhor fonte nutricional aos herbívoros.

Além da importância fisiológica habitual, o Ca é um dos elementos especialmente necessários aos crustáceos devido ao seu processo de muda (WHEATLY *et al.*, 2002; ZANOTTO & WHEATLY, 2003). O consumo de alimentos com elevadas quantidades de Ca na fase de pré-muda destes animais já foi registrado anteriormente para espécies marinhas (FREIRE, 1996; MANTELATTO & CHRISTOFOLETTI, 2001). Embora em alguns crustáceos de manguezais possa ser observado o processo de reabsorção de Ca do exosqueleto antes da ecdise, aumentando sua concentração na hemolinfa, como é o caso do caranguejo uçá, nesta fase popularmente conhecido como “caranguejo leite” (PINHEIRO & FISCARELLI, 2001), a maior quantidade deste elemento em *R. mangle* torna as folhas desta espécie particularmente importantes como fonte alimentar

para os caranguejos em processo de muda, visto que são poucas as fontes de Ca disponíveis no ambiente.

Maiores concentrações de Ca também foram observadas na espécie *Rhizophora stylosa*, quando comparada a *Avicennia marina* (ALONGI *et al.*, 2003), enquanto as quantidades registradas para os demais nutrientes foliares (N, P, K, Mg, S, B, Mn, Fe) nestas duas espécies foram similares às observadas nas congêneres no presente estudo. Elevadas concentrações de N, e reduzidas de polifenóis, também foram verificadas para *A. schaueriana* por GODOY *et al.* (1997) e GUERRERO-OCAMPO (2002).

Algumas variações latitudinais na concentração de nutrientes e polifenóis puderam ser observadas em função da característica do sedimento e do impacto ambiental nas áreas de manguezal avaliadas por CONDE *et al.* (1995) e GODOY *et al.* (1997). Para os nutrientes, os resultados do presente estudo diferiram daqueles obtidos por GUERRERO-OCAMPO (2002), evidenciando maiores valores de K e Ca para *L. racemosa* e menores de K e S para *R. mangle*. Estas diferenças podem ser devidas as variações dos parâmetros edáficos das áreas de manguezal de Bertioga (GUERRERO-OCAMPO, 2002) e Iguape (presente estudo), potencializados por impactos ambientais, uma vez que a primeira encontra-se próxima à região de Cubatão, com reconhecido impacto ambiental, enquanto Iguape encontra-se numa Área de Proteção Ambiental, sem nenhum impacto descrito.

Além da variação espacial na quantidade de N e polifenóis em folhas de *R. mangle*, CONDE *et al.* (1995) observaram uma redução na concentração de N com a senescência foliar, bem como aumento significativo de polifenóis, também observados no presente trabalho. KANDIL *et al.* (2004), em análise pormenorizada dos constituintes químicos dos polifenóis totais de *R. mangle*, observaram uma composição similar durante todo o processo de maturação e senescência foliar, embora com variação da quantidade de cada tipo e desaparecimento/síntese de muitos compostos polifenólicos e taninos condensados. A falta de estudos na área, dificuldades no isolamento destas substâncias e ausência de avaliações sobre sua função específica na palatabilidade das folhas, prejudicam qualquer afirmação sobre seus efeitos nos processos

ecológicos. Neste sentido, a quantidade de polifenóis totais ainda é o melhor indicador em relação às defesas contra herbivoria.

ALONGI *et al.* (2003) verificaram que a alocação dos nutrientes difere segundo a parte da planta analisada, incluído as raízes, troncos e propágulos, e que as variações interespecíficas ocorrem por diferenças fisiológicas no crescimento, principalmente em relação ao manejo de saís. Durante o processo de senescência foliar de *R. stylosa*, as concentrações de N, P e K diminuíram, enquanto ocorreu elevação dos teores de Ca e Mg (LIN & WANG, 2001). De forma similar, o mesmo ocorreu no processo de maturação foliar de *A. marina* para N e P (OCHIENG & ERFEMEIJER, 2002).

A variação dos nutrientes está associada à sua reutilização pela planta, sendo regida por processos ecofisiológicos vegetais, bem como pelas características edáficas do ambiente. Desta forma, é possível afirmar que muitos minerais são translocados durante o processo de senescência, constituindo adaptações que alteram as concentrações nos órgãos vegetais, como observado por ALONGI *et al.* (2003), podendo influenciar diretamente o processo de decomposição e ciclagem de nutrientes. O processo de decomposição foliar se inicia após várias alterações na concentração de seus nutrientes durante a maturação e senescência, sendo que as folhas pós-abscisão (serrapilheira) possuem baixa proporção C:N:P, no entanto, durante a decomposição esta proporção aumenta em função do crescimento bacteriano e de taxas de decomposição mais elevadas (ALONGI, 1997).

Os processos iniciais da decomposição consistem na lixiviação dos componentes solúveis e, em seguida, na degradação microbiana que promove aumento da taxa C:N, seguida por fragmentação e consumo pela fauna (ALONGI, 1997). Em *R. apiculata* observou-se um aumento de P durante o processo de decomposição, principalmente pela associação deste elemento com Ca e Fe sendo que este último nutriente aumentou mais de 1000% durante o processo de decomposição (NIELSEN & ANDERSEN, 2003). A elevação da concentração de P durante a decomposição pode ser atribuída a sua imobilização pelos microrganismos (D'CROZ *et al.*, 1989), embora ROBERTSON (1988) tenha observado que a influência de bactérias é baixa, implicando

que este fato possa estar relacionado com ao aumento significativo de Fe e Ca (NIELSEN & ANDERSEN, 2003).

As variações sazonais das concentrações foliares de N e P foram similares às observadas por WANG *et al.* (2003) para *Kandelia candel* na China; com maiores concentrações durante os meses de inverno em relação ao verão. Estas variações podem estar relacionadas ao ciclo reprodutivo das plantas e disponibilidade destes elementos no sedimento, podendo ser alterada com a sucessão dos microrganismos decompositores e sua exportação ao mar em função das marés.

Sendo assim, observa-se que as folhas das principais espécies de mangue variaram segundo seu valor nutricional e componentes adstringentes, existindo forte influência do processo de senescência foliar. Neste sentido, a determinação destas variações nas folhas torna-se importante em avaliações da cadeia trófica e do fluxo de nutrientes no ecossistema de manguezal. São ainda necessários estudos que abordem a relação entre os componentes nutricionais e sua influência na preferência alimentar e no ciclo de vida das espécies herbívoras, além de análises que venham esclarecer como as variações na constituição química da fonte primária de nutrientes pode influenciar a dinâmica das áreas de manguezal.

Referências

- ALONGI, D. M. **Coastal ecosystem processes**. London: CRC Press, 1997. 419 p.
- ALONGI, D.M.; CLOUGH, B.F.; DIXON, P.; TIRENDI, F. Nutrient partitioning and storage in arid-zone forests of the mangrove *Rhizophora stylosa* and *Avicennia marina*. **Trees**, v. 17, n. 1, p. 51-60, 2003.
- BASAK, U.C.; DAS, A.B.; DAS, P. Chlorophylls, carotenoids, proteins, and secondary metabolites in leaves of 14 species of mangrove. **Bull. Mar. Sci**, v. 58, n. 3, p. 654-659, 1996.

- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. **Métodos de análises químicas de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1983. 48 p. (Boletim Técnico, 78).
- BENNER, R; PEELE, E.R.; HODSON, R.E. Microbial utilization of dissolved organic-matter from leaves of the red mangrove, *Rhizophora mangle*, in the Fresh Creek Estuary, Bahamas. **Estuar. Coast. Shelf Sci.**, v. 23, n.5, p. 607-619, 1986.
- CLOUGH, B.F.; TAN, D.T.; PHUONG, D.X. Canopy leaf area index and litter fall in stands of the mangrove *Rhizophora apiculata* of different age in the Mekong Delta, Vietnam. **Aquat. Bot.**, v. 66, n. 4, p. 311-320, 2000.
- CONDE, J.E.; ALARCÓN, C; FLORES, S; DÍAZ, H. Nitrogen and Tannins in mangrove leaves might explain interpopulation variations in the crab *Aratus pisonii*. **Acta Cient. Venez.**, v. 46, p. 303-304, 1995.
- CÔTE, B.C.S.; VOEGEL, S.; DAWSON, J.O. Autumnal changes in tissue nitrogen of autumn olive, black alder and eastern cottonwood. **Plant Soil**, v.118, p. 23-32, 1989.
- FELLER, I.C. Effects of nutrient enrichment on growth and herbivory of dwarf red mangrove (*Rhizophora mangle*). **Ecol. Monogra.**, v. 65, n. 4, p. 477-505, 1995.
- FELLER, I.C.; WHIGHAM, D.F.; O'NEILL, J.P.; MCKEE, K.L. Effects of nutrient enrichment on within-stand cycling in a mangrove forest. **Ecology**, v. 80, p. 2193-2205, 1999.
- FRATINI, S.; VIGIANI, V.; VANNINI, M.; CANNICCI, S. *Terebralia palustris* (Gastropoda; Potamididae) in a Kenyan mangal: size structure, distribution and impact on the consumption of leaf litter. **Mar. Biol.**, v. 144, n. 1173-1182, 2004.
- FREIRE, J. Feeding ecology of *Liocarcinus depurator* (Decapoda: Portunidae) in the Ría de Arousa (Galicia, north-west Spain): effects of habitat, season and life history. **Mar. Biol.**, v. 126, p. 297-311, 1996.
- GODOY, S.A.P; MAYWORM, M.A.S; LO, V. K; SALATINO, A; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Teores de ligninas, nitrogênio e taninos em folhas de espécies típicas de mangue. **Rev. Bras. Bot.** v. 20, n.1, p. 35-40, 1997.

- GUERRERO-OCAMPO, C.M. **Hábito alimentar em caranguejos grapsídeos de manguezais**. 2002. 148 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- KANDIL, F.E.; GRACE, M.H.; SEIGLER, D.S.; CHEESEMAN, J.M. Polyphenolics in *Rhizophora mangle* L. leaves and their changes during leaf development and senescence. **Trees**, v. 18, p. 518-528, 2004.
- LACERDA, L.D.; SILVA, C.A.R.; REZENDE, C.E.; MARTINELLI, L.A. Food sources for the mangrove tree crab *Aratus pisonii*: a carbon isotopic study. **Rev. Bras. Biol.**, v. 51, n.3, p. 685-687, 1993.
- LEE, S.Y. . Mangrove outwelling – a review. **Hydrobiologia**, v. 295, n. 1-3, p. 203-212, 1995.
- LIN, P.; WANG, W. Changes in the leaf composition, leaf mass and leaf area during leaf senescence in three species of mangrove. **Ecol. Eng.** v. 16, p. 415-424, 2001.
- MANTELATTO, F.L.M.; CHRISTOFOLETTI, R.A. Natural feeding activity of the crab *Callinectes ornatus* (Portunidae) in Ubatuba Bay (São Paulo, Brazil): influence of season, sex, size and molt stage. **Mar. Biol.**, v. 138, p. 585-594, 2001.
- MILLARD, P; NEILSEN, G.H. The influence of nitrogen supply in the uptake and remobilization of stored N for the seasonal growth of apple trees. **Ann. Bot.**, v. 63, p. 301-309, 1989
- NIELSEN, T.; ANDERSEN, F. Phosphorus dynamics during decomposition of mangrove (*Rhizophora apiculata*) leaves in sediments. **J. Exp. Mar. Biol. and Ecol.** v. 293, p. 73-88, 2003.
- OCHIENG, C.A.; ERFTEMEIJER, P.L.A. Phenology, litterfall and nutrient resorption in *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh in Gazi Bay, Kenya. **Trees**, v. 16, p. 167-171, 2002.
- PINHEIRO, M.A.A.; FISCARELLI, A.G. **Manual de apoio à fiscalização do Caranguejo-Uçá (*Ucides cordatus*)**. Itajaí: IBAMA, 2001. 60 p.
- PUGNAIRE, F; CHAPIN, F.S. Controls over nutrient resorption from leaves of evergreen Mediterranean species. **Ecology**, v. 74, p. 124-129, 1993.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do Solo e Adubação**. São Paulo, Ceres, 1991. 343 p.

- ROBERTSON, A.I. Decomposition of mangrove leaf litter in tropical Australia. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.**, v. 116, p. 235-247. 1988.
- TWILLEY, R.R.; POZO, M.; GARCIA, V.H.; RIVERA-MONROY, V.H.; ZAMBRANO, R.; BODERO, A. Litter dynamics in riverine mangrove forests in the Guayas River estuary, Ecuador. **Oecologia**, v. 111, n. 1, p. 109-122, 1997.
- WANG, W.; WANG, M.; LIN, P. Seasonal changes in element contents in mangrove element retranslocation during leaf senescence. **Plant and Soil**, v. 252, p. 187-193, 2003.
- WHEATLY, M.G.; ZANOTTO, F.P.; HUBBARD, M.G. Calcium homeostasis in crustaceans: subcellular Ca dynamics. **Com. Bioch. Phys. Part B**, v. 132, p. 163-178. 2002.
- WOLCOTT, T.G. Ecology. *In*: BURGREN, W.W. & B.R. MCMAHON. **Biology of the land crabs**. New York: Cambridge University Press, 1988. p. 55–96.
- ZANOTTO, F.P.; WHEATLY, M.G. Calcium balance in crustaceans: nutritional aspects of physiological regulation. **Com. Bioch. Phys. Part A**, v. 133, p. 645-660.

CAPÍTULO 4 – VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA FREQUÊNCIA E HÁBITO ALIMENTAR DO CARANGUEJO-UÇÁ *Ucides cordatus* (LINNAEUS, 1763) (CRUSTACEA, OCYPODIDAE) E SUA INFLUÊNCIA NA ENGORDA DOS ANIMAIS, EM MANGUEZAIS DA REGIÃO DE IGUAPE (SP)

RESUMO – Os objetivos do presente estudo foram descrever a influência ambiental e as variações sazonais associadas à frequência alimentar do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), além de avaliar a composição dos itens alimentares e o fator de condição dos animais em diferentes áreas de manguezal em Iguape (SP). Os caranguejos foram coletados mensalmente, durante um ano, em áreas de manguezal com distinto predomínio de mangue e grau de inundação. A avaliação da frequência alimentar foi realizada por análise visual do grau de repleção estomacal, cujos itens alimentares foram identificados com estereomicroscópio. Observou-se uma forte influência da área de estudo sobre a ingestão de alimento, havendo maior frequência alimentar pelos animais oriundos de áreas caracterizadas por fontes de baixo valor nutricional, provavelmente visando aumentar a assimilação de nutrientes. As fêmeas se alimentaram com maior frequência em função do maior gasto energético que antecede o período reprodutivo, com redução na ingestão de alimento durante a fase ovígera e migração para áreas periféricas para a liberação larval. As folhas corresponderam ao principal item na dieta desta espécie, sendo que os grupos animais tiveram baixa importância em todas as áreas. Na área com limitação de serrapilheira os animais apresentaram menor taxa de engorda, ocorrendo o inverso nas áreas onde ela foi mais disponível, particularmente naquelas caracterizadas por maior concentração de nutrientes no sedimento, indicando a possível utilização deste recurso pelos animais além da matéria vegetal.

Palavras-Chave: Engorda, Hábito alimentar, Manguezal, Repleção estomacal, *Ucides*

Introdução

Os caranguejos semi-terrestres de grande porte são basicamente herbívoros, podendo atuar como predadores carnívoros oportunistas (WOLCOTT, 1988; KOCH, 1999). Estes animais são responsáveis pela bioturbação expressiva do sedimento de manguezal e, devido ao seu hábito alimentar e escavatório, promovem alterações na composição química edáfica, na remoção da serrapilheira, na densidade da meiofauna, e na dinâmica dos nutrientes; além de impactar o fluxo e exportação de matéria orgânica, e aumentar a drenagem, área superficial do sedimento e biomassa em decomposição nas camadas inferiores do solo (ALONGI, 1997; TWILLEY *et al.*, 1997; GREEN *et al.*, 1999; KOCH, 1999; SOUSA & MITCHELL, 1999).

O caranguejo-uçá *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) é uma espécie de interesse econômico-ecológico, uma vez que, segundo KOCH (1999), figura entre os principais constituintes da biomassa dos manguezais, influenciando a manutenção do material orgânico particulado, e o fluxo energético. Segundo a bibliografia, *U. cordatus* se alimenta, principalmente, de vegetais e matéria orgânica em decomposição (COSTA, 1979; GERALDES & CALVENTI, 1983; BRANCO, 1993; NASCIMENTO, 1993; IVO & GESTEIRA, 1999).

Embora grande parte dos caranguejos de manguezal possa se alimentar de matéria vegetal, o estágio de maturação ou decomposição foliar pode afetar a herbivoria (CAMILLERI, 1989; LEE, 1989; MICHELI *et al.*, 1991; ASHTON, 2002). Do mesmo modo, alguns experimentos realizados com *U. cordatus* revelaram que a escolha por uma dieta rica em proteína animal influenciou seu crescimento e reprodução (GERALDES & CALVENTI, 1983; OSTRENSKY *et al.*, 1995).

De acordo com NASCIMENTO (1993), as folhas de mangue são carregadas pelo caranguejo-uçá até a galeria, onde são submetidas ao processo de decomposição por fungos e bactérias antes de serem ingeridas. Este processo é de extrema relevância ao fluxo energético do ecossistema manguezal, principalmente por sua trituração pelo animal, que maximiza a atuação dos agentes decompositores (KOCH, 1999). SKOV & HARTNOLL (2002) sugerem que os caranguejos grapsídeos herbívoros de manguezal

consomem tais folhas, embora não estejam aptos a absorverem seus nutrientes por dificuldades fisiológicas na digestão de alimentos vegetais. Segundo estes autores, esta trituração prévia das folhas otimiza sua taxa de decomposição no sedimento, aumentando sua quantidade de nutrientes, que só então é ingerido pelo animal.

Segundo DIELE (2000) e PINHEIRO *et al.* (2005) o caranguejo-uçá apresenta uma taxa de crescimento lenta, com longevidade que varia de 8 a 10 anos. Este fato dificulta a criação deste animal em cativeiro, devido ao longo período necessário para atingir seu tamanho comercial. No entanto, a qualidade nutricional associada à disponibilidade de alimento pode ser um dos principais fatores que retardam o crescimento desta espécie. A serrapilheira pode apresentar forte variação espacial na sua abundância e composição (Capítulo 2), bem como na oferta de nutrientes essenciais ao seu metabolismo e desenvolvimento por diferenças na constituição química das folhas de mangue (Capítulo 3).

O conhecimento do hábito alimentar natural é um importante passo para o conhecimento da posição de um organismo na cadeia trófica, na transferência energética e no estabelecimento das necessidades nutricionais para seu cultivo (WILLIAMS, 1981). Pela importância econômico-ecológica do caranguejo-uçá, e a existência de padrões sazonais em seu ciclo de vida (crescimento, muda, reprodução), descritos por PINHEIRO & FISCARELLI (2001) e HATTORI (2002), torna-se essencial o conhecimento da frequência e composição de sua dieta natural em áreas de manguezal com distinta composição vegetal. Estes resultados poderão auxiliar no entendimento da influência das características do ambiente sobre o crescimento e reprodução desta espécie, bem com sua atuação no fluxo de nutrientes pela remoção e fragmentação da serrapilheira.

O hábito alimentar de uma espécie está diretamente relacionado ao grau de engorda de um animal, sendo um indicativo da qualidade do alimento ingerido em relação ao metabolismo do animal (BARBIERI *et al.*, 1962). Segundo LE CREN (1951), o fator de condição é determinado pela razão entre o peso total do indivíduo e o cubo de seu tamanho corpóreo, variando em função do teor de gordura, e indicando o grau de adequação da espécie ao meio ambiente. Na carcinicultura, a relação do peso úmido

(PE) pela maior largura cefalotorácica (LC) tem sido empregada na interconversão entre variáveis, na estimativa da variação do peso em função do tamanho, e na detecção de alterações ontogenéticas relacionadas ao início da maturação sexual (PINHEIRO & FRANSOZO, 1993).

O presente trabalho visa avaliar a frequência alimentar do caranguejo *U. cordatus* em diferentes áreas de manguezal em Iguape (SP), bem como sua variação sazonal e em relação ao sexo, maturidade e ciclo de muda dos indivíduos. Além disso, foi determinada a composição da dieta natural da espécie, por análise de seu conteúdo estomacal, e o grau de engorda dos animais, através de seu fator de condição. Desta forma, a hipótese de que a abundância e composição química do alimento pode influenciar o desenvolvimento dos animais será avaliada para os caranguejos expostos a ambientes naturais com distinta disponibilidade de alimento.

Material e Métodos

Os caranguejos foram coletados mensalmente durante um ano (abril/2004 a março/2005), em bosques de manguezal próximos à Barra de Icapara, Município de Iguape (SP). As coletas foram realizadas em três áreas com distinto grau de inundação e composição vegetal, sendo cada uma delas caracterizada pelo predomínio de uma espécie de mangue: *Laguncularia racemosa* (Área L), *Avicennia schaueriana* (Área A) e *Rhizophora mangle* (Área R), conforme descrito no Capítulo 2.

Foi realizado um acompanhamento mensal da frequência, composição alimentar e das características bióticas dos indivíduos nestas três áreas, visando o entendimento da influência sazonal na alimentação. No mês de março/2005 foram realizadas réplicas das áreas para avaliação da influência ambiental sobre a frequência alimentar e dieta dos animais.

Aproximadamente 60 exemplares de cada área foram coletados manualmente por “braceamento” ou com armadilhas do tipo “redinha”. Os caranguejos coletados foram lavados, individualizados em sacos plásticos, e colocados em caixas térmicas

com gelo picado, no máximo 30 minutos após a captura. Após o retorno para a sede do IBAMA Iguape, os animais foram imediatamente estocados num freezer até o momento das análises.

Nas análises laboratoriais, os animais foram retirados do freezer em lotes de dez exemplares, sendo lavados para a retirada de sedimento, classificados quanto ao sexo por inspeção da morfologia abdominal e categorizados segundo três morfotipos (machos, fêmeas não ovígeras e fêmeas ovígeras). Os exemplares tiveram a largura cefalotorácica (LC) mensurada com paquímetro de precisão (0,05mm), sendo classificados por maturidade e estágio de muda, segundo PINHEIRO & FISCARELLI (2001) (machos jovens: $LC < 51,7\text{mm}$; e fêmeas jovens: $LC < 43\text{mm}$).

A frequência alimentar da espécie foi determinada pelo percentual de estômagos por categoria de repleção (GR), agrupadas por percentual do volume estomacal ocupado pelo alimento (vazio = $0 \leq 25$; pouco cheio = $25 \leq 50$; meio cheio = $50 \leq 75$; cheio = $75 \leq 100$). Para as análises de conteúdo estomacal foram utilizados apenas os estômagos cheios, evitando a influência do tempo de digestão sobre os itens alimentares. Os estômagos foram descongelados a temperatura ambiente e dissecados sobre estereomicroscópio óptico, sendo seu conteúdo retirado, lavado com água destilada e filtrado a vácuo em papel filtro para retenção da matéria orgânica dissolvida.

A análise dos itens alimentares foi realizada para todo o material particulado que permaneceu no filtro, que foram reconhecidos para a determinação do percentual de ocupação de cada item em relação ao total (%V). O reconhecimento do material foliar foi efetuado, quando possível, pelo padrão de coloração e características anatômicas de cada espécie arbórea, conforme descrito no Capítulo 2 e de acordo com SCHAEFFER-NOVELLI & CINTRON (1986).

O Índice de Importância de um determinado item alimentar correspondeu à porcentagem média de volume ocupado por este item nas amostras, multiplicado pela porcentagem de ocorrência do item em todos os estômagos da amostra. O Índice de Importância Relativa (IRI) de cada item alimentar foi calculado pela relação entre o Índice de Importância de um determinado item, pela somatória dos Índices de todos os itens.

Em função das diferentes variáveis analisadas, e do número de indivíduos em cada categoria, para a avaliação da variação no ritmo alimentar entre as áreas de coleta, foram utilizados apenas os animais adultos em intermuda coletados em março/2005, oriundos das três áreas citadas anteriormente. A comparação entre os estágios de muda foi realizada apenas com os animais adultos da Área R durante todo o período de amostragem. A influência do sexo e estação climática na repleção estomacal foi analisada com os animais em intermuda de cada área, excluindo-se as fêmeas ovígeras, e apenas para a Área L, foram também utilizados os indivíduos jovens para avaliar a influência da maturidade. A variação no grau de repleção entre fêmeas não ovígeras e ovígeras foi testada com os animais coletados na Área R durante o verão/2005. Todas as comparações de frequência alimentar foram realizadas com análises log-lineares em Tabelas de Contingência (SOKAL & ROHLF, 1995). Análises prévias revelaram uma baixa variabilidade no conteúdo estomacal dos caranguejos, sendo por isso estabelecidos 10 exemplares por categoria em análise para a determinação da composição da dieta.

O grau de engorda foi determinado para os caranguejos coletados em março/2005 nas áreas A, L e R, segundo FISCARELLI (2004), que avaliou a relação peso/largura da carapaça para *U. cordatus*. Foram realizadas análises de regressão pela função potencia ($y=ax^b$) para os animais de cada área, considerando-se o Peso Total (PT) como variável dependente (y), a Largura Cefalotorácica (LC) como variável independente (x), e as constantes “a” e “b” exprimindo o fator de condição e o crescimento em peso, respectivamente (SANTOS, 1978). O ajuste dos pontos e a significância da relação foram determinados pelo teste *t* (ZAR, 1999). O fator de condição foi estabelecido para cada indivíduo pela equação $a_i = PT_i/(LC_i)^b$, seguido de cálculo da média do fator de condição para cada área, as quais foram comparadas por ANOVA em 2 vias, considerando-se os fatores fixos área (A, L e R) e réplicas (1, 2 e 3), com comparação “a posteriori” pelo teste de Tukey (5%), segundo a rotina do programa STATISTICA.

Resultados

A freqüência alimentar dos caranguejos diferiu significativamente entre as áreas de estudo, seguindo a seguinte ordem: L>A>R ($G=58,72$; g.l.=6; $p<0,0001$; Figura 1). Da mesma forma, os estágios de muda influenciaram significativamente a alimentação ($G=51,95$; g.l.=9; $p<0,0001$; Figura 2), com redução na freqüência de ingestão de alimento da intermuda para a pré e pós-muda, e retomada da alimentação durante a fase de pós-muda final.

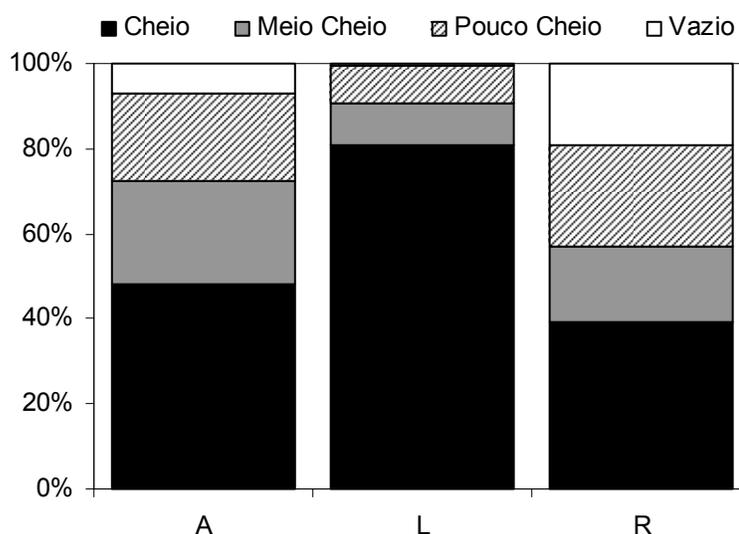


Figura 1. *U. cordatus*. Variação do grau de repleção estomacal dos animais coletados em diferentes áreas de manguezal (Área A, n = 171; Área L, n = 186; Área R, n = 183) em março/2005, em Iguape (SP).

A maturidade não influenciou a freqüência alimentar (Tabela 1), no entanto, em relação ao sexo, observou-se que as fêmeas apresentaram maior repleção do que os machos em todas as áreas analisadas (Tabelas 1 e 2; Figuras 3 e 4), ocorrendo diminuição significativa da ingestão de alimento na condição ovígera ($G=9,22$; g.l.=3; $p=0,0265$; Figura 5). Na Área R houve interação entre o sexo e a estação climática (Figura 3 e Tabela 2), com as fêmeas apresentando elevada freqüência alimentar em relação aos machos no verão/outono e diminuição no inverno/primavera. Nas demais áreas houve forte influência sazonal na ingestão, com maiores volumes no outono e menores durante o inverno (Figura 6).

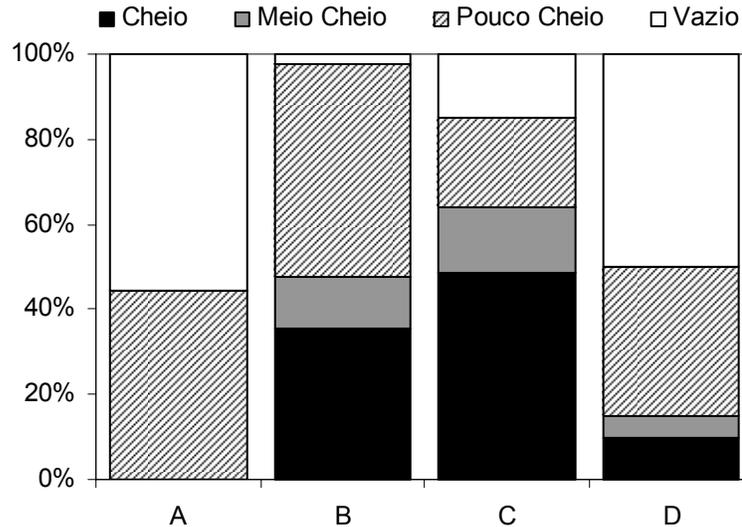


Figura 2. *U. cordatus*. Variação do grau de repleção estomacal em função dos estágios de muda dos animais adultos (A = pós-muda inicial, n = 9; B = pós-muda final, n = 42; C = intermuda, n = 586; D = pré-muda, n = 20), coletados na Área R, em Iguape (SP), no período de abril/2004 a março/2005.

Tabela 1. *U. cordatus*. Significância das fontes de variação dos modelos log-lineares para a frequência alimentar de animais em intermuda coletados na área de manguezal L (*L. racemosa*), em Iguape (SP), no período de abril/2004 a março/2005.

Fontes de Variação	<i>g.l.</i>	<i>G</i>	<i>p</i> *
Repleção x sexo x estação x maturidade	9	5,3931	0,7988
Repleção x sexo x estação	9	7,7653	0,5580
Repleção x sexo x maturidade	3	0,5724	0,9027
Repleção x estação x maturidade	9	11,0738	0,2707
Repleção x sexo	3	9,3471	0,0250
Repleção x maturidade	3	0,6597	0,8826
Repleção x estação	9	65,3275	<0,0001

*Valores em negrito indicam significância

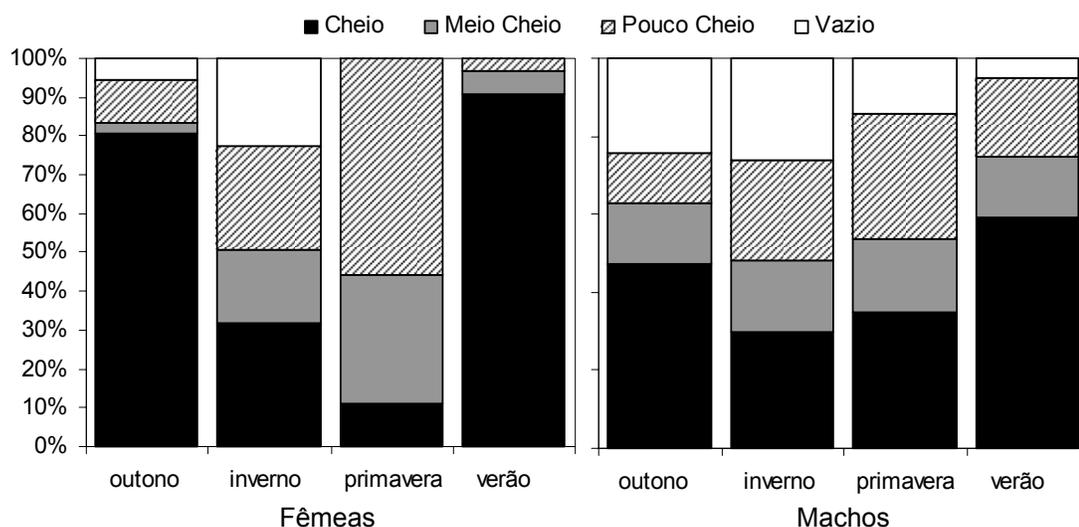


Figura 3. *U. cordatus*. Variação sazonal do grau de repleção estomacal dos machos e fêmeas não ovígeras adultos em intermuda (outono, n = 91 e 36; inverno, n = 131 e 57; primavera, n = 97 e 9; verão, n = 96 e 65 para machos e fêmeas, respectivamente) da área de manguezal R, em Iguape (SP), no período de abril/2004 a março/2005.

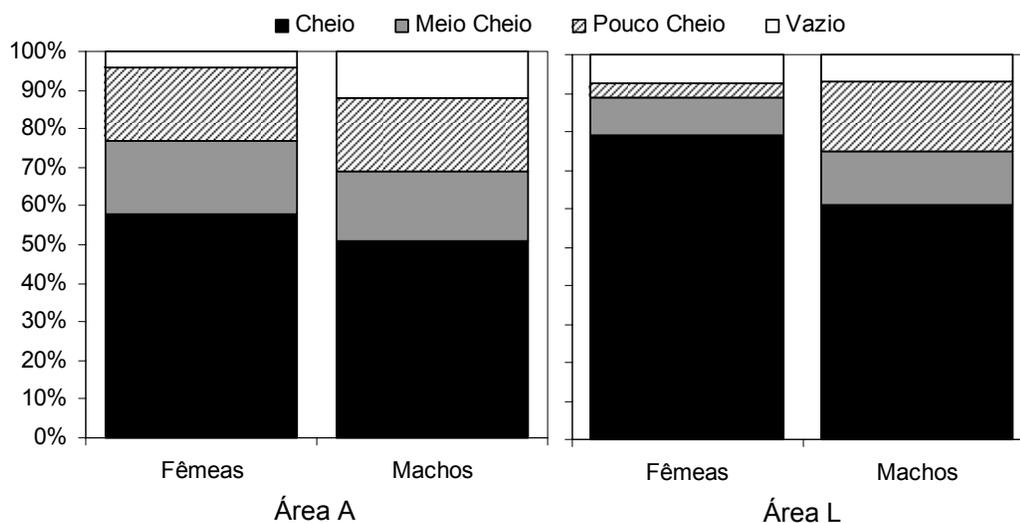


Figura 4. *U. cordatus*. Variação do grau de repleção estomacal de machos (Área A, n = 401; área L, n = 514) e fêmeas não ovígeras (Área A, n = 138; Área L, n = 109) em intermuda das áreas de manguezal A e L, em Iguape (SP), no período de abril/2004 a março/2005.

Tabela 2. *U. cordatus*. Significância das fontes de variação dos modelos log-lineares para a frequência alimentar de animais adultos em intermuda coletados nas áreas de manguezal A e R, em Iguape (SP), no período de abril/2004 a março/2005.

Fontes de Variação	Área A			Área R		
	<i>g.l.</i>	<i>G</i>	<i>p</i> *	<i>g.l.</i>	<i>G</i>	<i>p</i> *
Repleção x sexo x estação	9	6,1961	0,7201	9	22,3133	0,0079
Repleção x sexo	3	8,7600	0,0326	-	-	-
Repleção x estação	9	47,2253	<0,0001	-	-	-

*Valores em negrito indicam significância

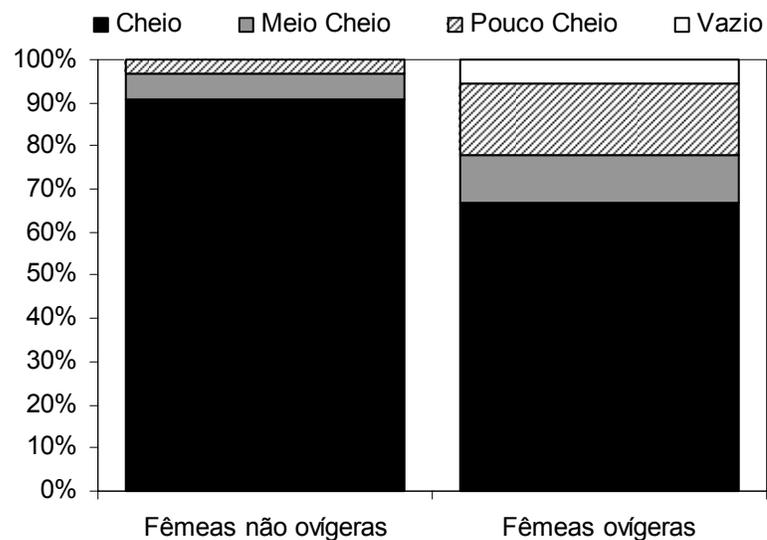


Figura 5. *U. cordatus*. Variação do grau de repleção estomacal de fêmeas não ovígeras (n = 65) e ovígeras (n = 18) coletadas na Área R, em Iguape (SP), durante o verão/2005.

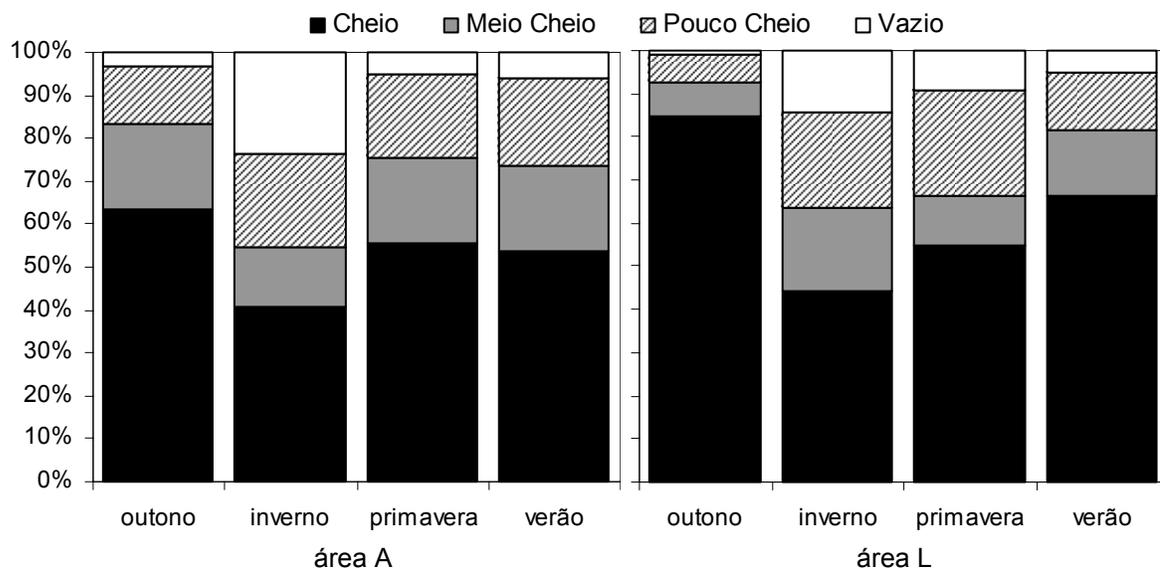


Figura 6. *U. cordatus*. Variação sazonal do grau de repleção estomacal dos animais (machos e fêmeas não ovígeras adultos em intermuda) das áreas de manguezal A e L (outono, n = 131 e 178; inverno, n = 136 e 172; primavera, n = 115 e 131; verão, n = 157 e 142, para A e L, respectivamente), em Iguape (SP), no período de abril/2004 a março/2005.

Nas análises de conteúdo estomacal foi obtida grande quantidade de matéria orgânica dissolvida, que foi retirada por filtragem, possibilitando o reconhecimento dos itens alimentares. Com relação aos fragmentos encontrados, *U. cordatus* apresentou uma dieta com base em origem vegetal, tendo as folhas, raízes e propágulos como os principais itens alimentares, além de reduzida ocorrência de sedimento e presas de origem animal, tais como poliquetos, moluscos e crustáceos.

O índice de importância relativa indicou as folhas como o principal item alimentar, independente da área analisada, sendo que nas áreas R e A, os propágulos de *R. mangle* destacaram-se como o segundo item em importância relativa (Figura 7). Do total de folhas consumidas, o percentual dos fragmentos que puderam ser identificados nas áreas A, L e R, corresponderam a folhas de *A. schaueriana* (74%), *L. racemosa* (100%) e *R. mangle* (89%), respectivamente. A composição da dieta não variou em relação ao sexo, maturidade ou ciclo de muda dos animais, observando apenas um aumento do Índice de Importância Relativa dos propágulos em algumas estações climáticas (Tabelas 3 a 7).

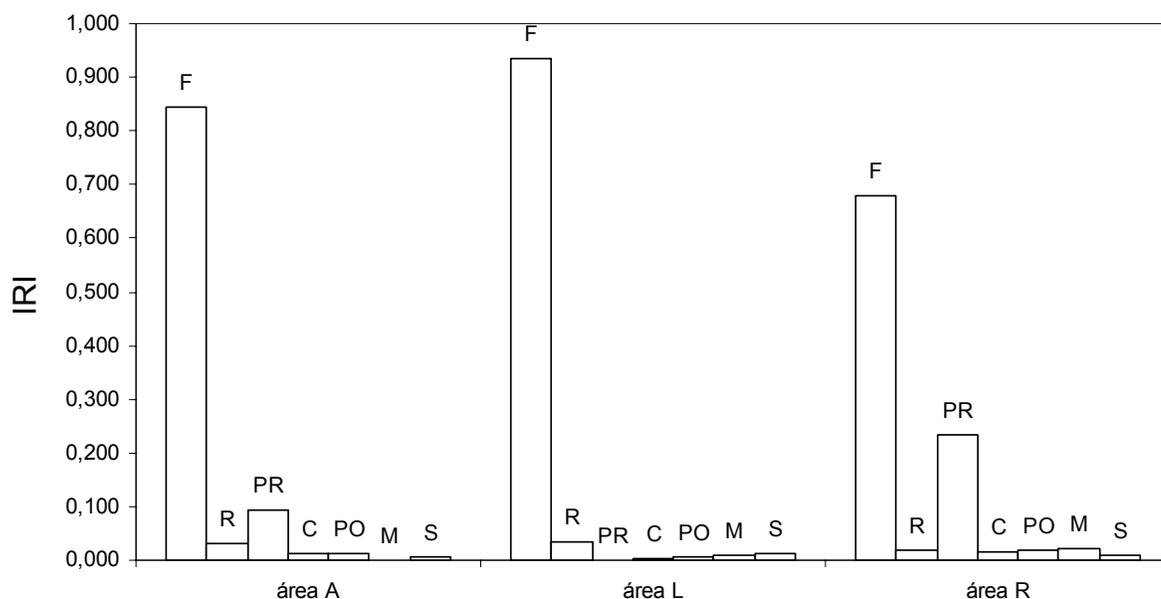


Figura 7. *U. cordatus*. Índice de Importância Relativa (IRI) dos itens alimentares (F = folhas; R = raízes; PR = propágulos de *R. mangle*; C = crustáceos; PO = poliquetos; M = moluscos; S = sedimento) no conteúdo estomacal dos caranguejos de diferentes áreas de manguezais da região de Iguape (SP).

Tabela 3. *U. cordatus*. Índice de Importância Relativa dos itens alimentares encontrados no conteúdo estomacal de machos (M) e fêmeas não ovígeras (F) adultos ao longo das estações climáticas, para os animais capturados na área de manguezal A (n = 10 indivíduos em intermuda/sexo/área), na região de Iguape (SP), no período de abril/2004 a março/2005.

Itens	Outono		Inverno		Primavera		Verão	
	M	F	M	F	M	F	M	F
Folhas	0,849	0,884	0,827	0,837	0,797	0,848	0,769	0,791
Raízes	0,061	0,048	0,057	0,051	0,066	0,048	0,017	0,051
Propágulos de <i>R. mangle</i>	0,015	0,019	0,010	0,011	0,012	0,014	0,156	0,123
Propágulos de <i>L. racemosa</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Propágulos de <i>A. schaueriana</i>	0,010	0,010	0,073	0,056	0,057	0,037	0,000	0,000
Algas	0,003	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,009	0,001
Crustáceos	0,005	0,010	0,004	0,009	0,009	0,006	0,006	0,017
Poliquetos	0,020	0,020	0,009	0,010	0,018	0,008	0,025	0,012
Moluscos	0,007	0,009	0,020	0,025	0,016	0,038	0,000	0,000
Sedimento	0,030	0,000	0,000	0,000	0,024	0,000	0,019	0,005

Tabela 4. *U. cordatus*. Índice de Importância Relativa dos itens alimentares encontrados no conteúdo estomacal de machos adultos ao longo das estações climáticas, para os animais capturados nas áreas de manguezal L e R (n = 10 indivíduos em intermuda/estação/área), na região de Iguape (SP), no período de abril/2004 a março/2005.

Itens	Outono		Inverno		Primavera		Verão	
	L	R	L	R	L	R	L	R
Folhas	0,790	0,829	0,867	0,862	0,868	0,850	0,930	0,690
Raízes	0,059	0,076	0,076	0,050	0,071	0,054	0,045	0,026
Propágulos de <i>R. mangle</i>	0,000	0,027	0,000	0,043	0,000	0,038	0,000	0,270
Propágulos de <i>L. racemosa</i>	0,061	0,000	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Propágulos de <i>A. schaueriana</i>	0,000	0,004	0,000	0,011	0,000	0,012	0,000	0,000
Algas	0,003	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000
Crustáceos	0,010	0,010	0,009	0,000	0,010	0,010	0,015	0,002
Poliquetos	0,026	0,024	0,021	0,019	0,027	0,027	0,010	0,011
Moluscos	0,025	0,012	0,019	0,015	0,023	0,008	0,000	0,000
Sedimento	0,026	0,017	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabela 5. *U. cordatus*. Índice de Importância Relativa dos itens alimentares encontrados no conteúdo estomacal de fêmeas ovígeras e não ovígeras para os animais capturados nas áreas de manguezal A e R (n = 10 indivíduos por condição/área), na região de Iguape (SP), durante o verão/2005.

Itens	Área A		Área R	
	Fêmeas não ovígeras	Fêmeas ovígeras	Fêmeas não ovígeras	Fêmeas ovígeras
Folhas	0,791	0,859	0,805	0,735
Raízes	0,051	0,066	0,057	0,057
Propágulos de <i>R. mangle</i>	0,123	0,051	0,122	0,167
Propágulos de <i>L. racemosa</i>	0,000	0,000	0,000	0,000
Propágulos de <i>A. schaueriana</i>	0,000	0,000	0,000	0,000
Algas	0,001	0,000	0,000	0,000
Crustáceos	0,017	0,005	0,004	0,010
Poliquetos	0,012	0,019	0,012	0,014
Moluscos	0,000	0,000	0,000	0,017
Sedimento	0,005	0,000	0,000	0,000

Tabela 6. *U. cordatus*. Índice de Importância Relativa dos itens alimentares encontrados no conteúdo estomacal de machos e fêmeas não ovígeras em relação a maturidade sexual para os animais capturados na área de manguezal L (n = 10 indivíduos em intermuda/sexo/maturidade), na região de Iguape (SP), durante o outono/2004.

Itens	Adultos		Jovens	
	Machos	Fêmeas	Machos	Fêmeas
Folhas	0,790	0,838	0,788	0,794
Raízes	0,059	0,046	0,055	0,047
Propágulos de <i>R. mangle</i>	0,000	0,000	0,000	0,000
Propágulos de <i>L. racemosa</i>	0,061	0,055	0,060	0,086
Propágulos de <i>A. schaueriana</i>	0,000	0,000	0,000	0,000
Algas	0,003	0,003	0,001	0,001
Crustáceos	0,010	0,011	0,018	0,021
Poliquetos	0,026	0,021	0,022	0,033
Moluscos	0,025	0,026	0,031	0,000
Sedimento	0,026	0,000	0,025	0,017

Tabela 7. *U. cordatus*. Índice de Importância Relativa dos itens alimentares encontrados no conteúdo estomacal em relação aos estágios de muda (B = pós-muda final; C = intermuda; D = pré-muda) para os animais capturados na área de manguezal R (n = 10 indivíduos por estágio), na região de Iguape (SP), no período de abril/2004 a março/2005.

Itens	Estágio de Muda		
	B	C	D
Folhas	0,823	0,816	0,770
Raízes	0,055	0,060	0,047
Propágulos de <i>R. mangle</i>	0,087	0,046	0,146
Propágulos de <i>L. racemosa</i>	0,000	0,000	0,000
Propágulos de <i>A. schaueriana</i>	0,000	0,000	0,000
Algas	0,000	0,001	0,000
Crustáceos	0,008	0,004	0,010
Poliquetos	0,012	0,026	0,016
Moluscos	0,015	0,015	0,011
Sedimento	0,000	0,032	0,000

O grau de engorda diferiu significativamente entre as áreas estudadas sem influência da replicagem espacial (Tabela 8), com a menor média de fator de condição para os animais da Área L, seguida por um aumento para os caranguejos da área A e R, tendo ocorrido, nesta última área, a maior média para o grau de engorda, conforme observado na Figura 8.

Tabela 8. *U. cordatus*. Análise de Variância em 2 vias descrevendo a variação do fator de condição dos animais coletados em diferentes áreas de manguezal (A, L e R) com 3 réplicas cada, na região de Iguape (SP), em março/2005.

Fontes de Variação	<i>g.l.</i>	<i>QM</i>	<i>F</i>	<i>p</i> *
Área	2	0,022226	1668,58	0,0000
Réplica	2	0,000019	1,44	0,2382
Área x Réplica	4	0,000015	1,09	0,3590
Erro	365	0,000013		

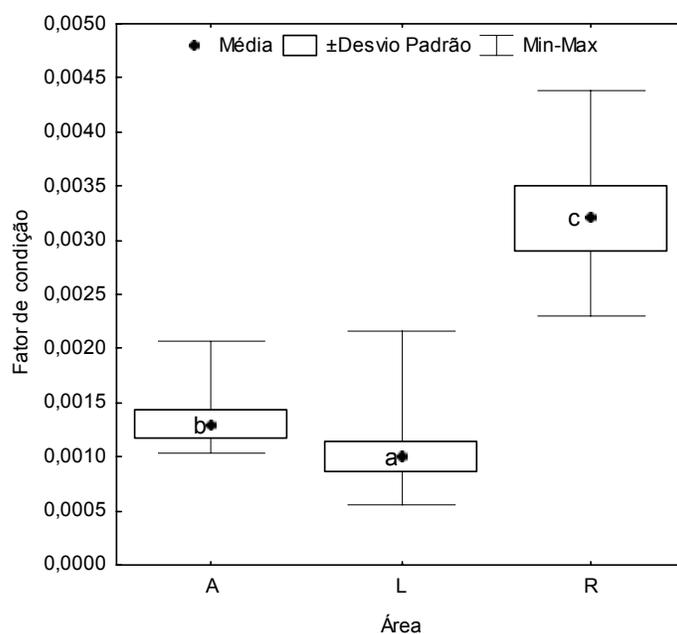


Figura 8. *U. cordatus*. Fator de condição dos animais coletados em diferentes áreas de manguezal da região de Iguape (SP), no mês de março/2005. Média seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferiram significativamente (Teste de Tukey, 5%).

Discussão

A frequência alimentar dos caranguejos mostrou forte influência da área em estudo e de seu estágio de muda. A ingestão mais freqüente das folhas de *L. racemosa* disponíveis sobre o sedimento na Área L pode estar relacionada ao seu baixo valor nutricional (Capítulo 3), bem como ser decorrente do maior tempo de permanência do material no trato digestório, repercutindo na redução da serrapilheira neste ambiente (Capítulo 2) e importante ao provimento das necessidades nutricionais da espécie.

Embora não existam trabalhos na literatura sobre a frequência alimentar do caranguejo-uçá, pode-se observar que a variação encontrada ao longo do ciclo de muda é similar ao descrito para outras espécies de manguezal por GUERRERO-OCAMPO (2002). Durante a pré-muda os animais diminuem a ingestão de alimento até trocarem seu exosqueleto, deixam de se alimentar na fase de pós-muda inicial, começam novamente a ingestão durante a pós-muda final, quando ocorre o enrijecimento dos quelípodos e apêndices bucais; e retomam totalmente a alimentação na intermuda.

Além das alterações metabólicas e troca do exosqueleto durante o processo de muda, *U. cordatus* fecha a abertura de sua galeria com um “plug” de lama pouco antes da exuviação (PINHEIRO & FISCARELLI, 2001), não forrageando durante este período. Portanto, nesta ocasião o único alimento disponível durante a pós-muda são as folhas das espécies arbóreas que foram transportadas anteriormente para a galeria, já em processo de decomposição, quando, segundo ALONGI (1997) serão enriquecidas em N e P.

Segundo KOCH (1999), apenas uma pequena parcela da energia disponível nas folhas é assimilada por *U. cordatus*; portanto, a maior frequência alimentar das fêmeas deve estar relacionada à maior necessidade de nutrientes deste sexo em função de seu ciclo reprodutivo (maturação gonadal e produção de ovos). A redução na ingestão de alimento pelas fêmeas ovígeras pode ser explicada pelo comportamento críptico nesta fase, quando permanecem no interior das galerias, para minimizar a predação, ou em função da migração para as margens dos córregos e rios, onde ocorre a liberação

larval. Pelo exposto, as fêmeas apresentam um maior gasto energético do que os machos, fato este já relatado na literatura para outros crustáceos (HARTNOLL, 1985).

Grande parte da energia armazenada pelos crustáceos é utilizada antagonicamente para a reprodução ou muda (HARTNOLL, 1985; HERREID & FULL, 1988), assim a maior frequência alimentar desta espécie no outono deve estar correlacionada ao armazenamento de energia para a muda, que na região de estudo ocorre durante o inverno/primavera (PINHEIRO & FISCARELLI, 2001). Por este motivo, verifica-se no outono uma diminuição significativa na quantidade de serrapilheira disponível nas áreas A e R (Capítulo 2), possivelmente em função do uso, assimilação e direcionamento dos nutrientes ao crescimento somático. A redução na ingestão de alimentos no inverno pode ser explicada pela transição dos indivíduos do estágio de intermuda para a pré-muda, bem como pelo efeito da redução térmica sobre o metabolismo. A diminuição da repleção estomacal em menores temperaturas também foi observada para os caranguejos *Aratus pisonii* (H. Milne Edwards, 1837) e *Goniopsis cruentata* (Latreille, 1803) por GUERRERO-OCAMPO (2002).

A matéria vegetal constituiu a principal fonte alimentar de *U. cordatus*, seguindo o padrão descrito por BRANCO (1993) e NASCIMENTO (1993), indicando que potencialmente as folhas forneceram a maior quantidade de nutrientes para esta espécie e que não ocorra a utilização dos nutrientes do sedimento como sugerido para os grapsídeos por SKOV & HARTNOLL (2002). No entanto, grande quantidade de matéria orgânica dissolvida, associada às partículas silte-argilosas do sedimento, foi encontrada nos estômagos de *U. cordatus*, a qual foi retirada pelo processo de filtração para se proceder a avaliação dos itens alimentares.

Segundo SANTANNA (com. pess.), é muito comum registrar animais encontrados em atividade fora das galerias manipulando o sedimento com os apêndices bucais. Desta forma, um melhor conhecimento sobre a morfologia das peças bucais de *U. cordatus* seria necessário, uma vez que, assim como observado para os ocipodídeos do gênero *Uca* (COSTA & NEGREIROS FRANSOZO, 2001; COLPO, 2005), o caranguejo-uçá pode estar selecionando a matéria orgânica e nutrientes associados às partículas do sedimento.

As presas de origem animal (p. ex., crustáceos, poliquetos e moluscos) foram ingeridas em baixa quantidade e frequência, indicando que são itens de difícil captura por *U. cordatus*. Durante o verão, a maior quantidade de propágulos de *R. mangle* no conteúdo estomacal dos animais da Área R indica que este recurso é utilizado quando disponível em maior quantidade no ambiente (Capítulo 2), sendo carregados para o interior das galerias (SANT'ANNA, com. pess.), o mesmo ocorrendo com os propágulos de *A. schaueriana* e *L. racemosa* durante o inverno/primavera e outono, respectivamente. A predação de propágulos das espécies de mangue por *U. cordatus* já foi descrita por SOUSA & MITCHELL (1999), e observada na região de Cananéia por COELHO (com. pess.), demonstrando que estes animais apresentam forte influência sobre a reprodução vegetal.

As folhas corresponderam ao principal recurso alimentar de *U. cordatus*, o que maximiza a importância das diferenças nutricionais registradas para as três espécies de mangue estudadas (Capítulo 3), assim como sua possível influência sobre a dinâmica do ciclo reprodutivo e de muda desta espécie. O baixo valor nutricional e abundância da serrapilheira na Área L (descrito nos Capítulos 2 e 3) revelam porque os caranguejos desta área apresentam uma maior frequência de ingestão de folhas e menor grau de engorda. Neste caso, o requerimento energético destes animais serve de estímulo ao aumento da frequência de consumo de alimento, mas devido ao déficit nutricional, seu ganho em peso é menor do que nas outras áreas estudadas. Desta forma, os animais desta área apresentam menor média de tamanho (HATTORI, com. pess.), que pode ser devido a uma redução na taxa de crescimento por limitação nutricional do recurso alimentar.

As diferenças observadas no grau de engorda dos animais corroboram a hipótese de que o caranguejo-uçá obtenha seu recurso alimentar da matéria vegetal e dos nutrientes disponíveis no solo. A biomassa disponível na Área A, caracterizada por abundância intermediária, apresenta o maior valor nutricional devido a presença expressiva de folhas de *A. schaueriana* (Capítulos 2 e 3), explicando o maior fator de condição de seus caranguejos quando comparado aos animais da Área L, cuja disponibilidade de alimento é limitada. No entanto, embora a área A tenha menor

abundância de folhas do que na Área R, a biomassa na Área A esteve disponível durante todo o ano, indicando que o recurso alimentar não foi limitado. Desta forma, o elevado grau de engorda dos animais da Área R é indicativo da grande disponibilidade de recursos nutricionais, que podem não ser provenientes apenas da matéria vegetal, mas também do sedimento.

A composição e abundância da serrapilheira disponível ao processo de decomposição pelos microrganismos e para a alimentação dos caranguejos, variou muito entre as áreas de estudo, conforme apresentado nos Capítulos 2 e 3. Entretanto, a elevada densidade de bactérias e fungos decompositores presentes no sedimento não apresentou diferença entre as áreas, indicando que o processo de decomposição foliar e ciclo de nutrientes não apresenta diferença espacial na região de estudo (CHRISTOFOLETTI *et al.*, em preparação). No entanto, CHRISTOFOLETTI & PINHEIRO (em preparação) observaram que a quantidade de nutrientes (Ca, B, S, K), bem como de matéria orgânica, partículas silte-argilosas e capacidade de troca catiônica (CTC) foram significativamente maiores na Área R em comparação às demais, existindo grande similaridade edáfica entre as áreas A e L.

Desta forma, podemos inferir que a disponibilidade de folhas sobre o sedimento apresenta forte influência sobre a engorda dos animais, o que foi confirmado pelo menor porte dos animais sob limitação do recurso alimentar (Área L). No entanto, aqueles que ocorreram em áreas com grande disponibilidade de folhas (áreas A e R), observou-se um maior fator de condição, principalmente na Área R, indicando o uso não somente da material vegetal mas dos nutrientes disponíveis no sedimento (CHRISTOFOLETTI & PINHEIRO, em preparação). Sendo assim, o processo de manuseio do sedimento anteriormente descrito nas observações em campo e a elevada quantidade de matéria orgânica nos estômagos, vêm indicar que além das folhas de mangue, *U. cordatus* pode se utilizar do sedimento como recurso alimentar, como verificado para grapsídeos por SKOV & HARTNOLL (2002).

De modo geral, a cadeia alimentar nos manguezais não é influenciada apenas pela produção primária ou parâmetros climáticos, mas também pela composição química diferenciada dos detritos, fitossociologia e diversidade faunística, bem como

pela abundância dos decompositores (ALONGI, 1997). Embora apenas uma pequena parte da energia disponível das folhas seja assimilada por *U. cordatus*, os fragmentos foliares não digeridos promovem enriquecimento do substrato aos microrganismos, com subsequente consumo pelos caranguejos detritívoros, a exemplo das espécies do gênero *Uca* (KOCH, 1999).

Portanto, os resultados obtidos evidenciam a importância do caranguejo-uçá na dinâmica de nutrientes dos manguezais, uma vez que ocupa lugar de destaque na cadeia de remineralização dos nutrientes, influenciando diretamente a alimentação das demais espécies que compõe a epifauna. Da mesma forma, as características ambientais apresentam forte influência na disponibilidade dos nutrientes, podendo limitar o crescimento dos indivíduos desta espécie.

Referências

- ALONGI, D. M. **Coastal ecosystem processes**. London: CRC Press, 1997. 419 p.
- ASHTON, E.C. Mangrove sesarmid crab feeding experiments in Peninsular Malaysia. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.**, v. 273, p. 97-119, 2002.
- BARBIERI, P.; BORETTI, G.; SPALLA, C. Further observations on biosynthesis of vitamin B12 in *Nocardia rugosa*. **Bioch. Bioph. Acta**, v. 57, n. 3, p. 599, 1962.
- BRANCO, J.O. Aspectos ecológicos do caranguejo *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Decapoda) do manguezal do Itacorubi, Santa Catarina, Brasil. **Arq. Biol. Technol.**, v. 36, n. 1, p. 133-148, 1993.
- CAMILLERI, J.C. Leaf choice by crustaceans in a mangrove forest in Queensland. **Mar. Biol.**, v. 102, p. 453-459, 1989.
- CHRISTOFOLETTI, R.A.; CECCATO-ANTONINI, S.R.; PINHEIRO, M.A.A. Parâmetros microbiológicos edáficos em manguezais do litoral sul do Estado de São Paulo. (em preparação)

- CHRISTOFOLETTI, R.A.; PINHEIRO, M.A.A. Composição dos macro e micro nutrientes edáficos em bosques de manguezal da região de Iguape (SP). (em preparação)
- COLPO, K.D. **Morfologia de apêndices alimentares de caranguejos do gênero *Uca* Leach, 1814 (Crustacea: Ocypodidae) e sua implicação na extração de alimentos a partir de substratos distintos.** 2005. 151 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas – Área de Zoologia) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- COSTA, R.S.D. Bioecologia do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) - Crustáceo, Decápode - no Nordeste Brasileiro. **Bol. Cear. Agron.**, v. 20, p. 1-74, 1979.
- COSTA, T.M.; NEGREIROS-FRANSOZO, M.L. Morphological adaptation of the second maxiliped in semiterrestrial crabs of the genus *Uca* Leach, 1814 (Decapoda, Ocypodidae) from a subtropical Brazilian mangrove. **Nauplius**, v. 9, n. 2., p. 123-131, 2001.
- DIELE, K. **Life History and Population Structure of the Exploited Mangrove Crab *Ucides cordatus cordatus* (Linnaeus, 1763) (Decapoda: Brachyura) in the Caeté Estuary, North Brazil.** 2000. 116 f. Tese (Doutorando). Universidade de Bremen, Bremen.
- FISCARELLI, A.G. **Rendimento, Análise Químico-Bromatológica da carne e fator de condição do caranguejo-uçá *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae).** 2004. 92 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia – Área de Produção Animal) – Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- GERALDES, M.G.; CALVENTI, I.B. Estudios experimentales para el mantenimiento en cautiverio del cangrejo *Ucides cordatus*. **Ciênc. Interamer.** v. 23, n. 4, p. 41-53, 1983.
- GREEN, P.T.; LAKE, P.S.; O'DOWD, D.J. Monopolization of litter processing by a dominant land crab on a tropical oceanic island. **Oecologia**, v.119, p. 435-444, 1999.

- GUERRERO-OCAMPO, C.M. **Hábito alimentar em caranguejos grapsídeos de manguezais**. 2002. 148 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- HARTNOLL, R.G. Growth, sexual maturity and reproductive output. *In: WENNER, A. M. (Ed.). Factors in Adult Growth*. Rotterdam: A.A. Balkema, 1985. p. 101 – 128
- HATTORI, G.Y. 2002. **Biologia populacional do caranguejo de mangue *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae) em Iguape (SP)**. 2002. 82 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia – Área de Produção Animal) – Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- HERREID II, C.F., FULL, R.J. Energetics and Locomotion. *In: BURGREN, W.W.; MCMAHON, B. R. (Eds.). Biology of the land crabs*. Cambridge University Press, New York, 1988. p. 333-378
- IVO, C.T.C.; GESTEIRA, T.C.V. Sinopse das observações sobre a bioecologia e pesca do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus cordatus* (Linnaeus,1763), capturado em estuários de sua área de ocorrência no Brasil. **Bol. Téc. Cient. CEPENE**, v. 7, n. 1, p. 9-52, 1999.
- KOCH, V. **Epibenthic production and energy flow in the Caeté mangrove estuary, North Brazil**. 1999. 97 f. Tese (Doutorado). Center for Tropical Marine Ecology, University Bremen.
- LE CREN, E.D. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). **J. Anim. Ecol.**, v. 20, n. 2, p 201-219, 1951.
- LEE, S.Y. The importance of sesarminae crabs *Chiromanthes* ssp. and inundation frequency on mangrove (*Kandelia candel* Druce) leaf litter turnover in a Hong Kong tidal shrimp pond. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.**, v. 131, p. 23-43, 1989.
- MICHELI, F.; GHERARDI, F.; VANNINI, M. Feeding and burrowing ecology of two East African mangrove crabs. **Mar. Biol.**, v. 111, p. 247-254, 1991
- NASCIMENTO, S.A. Biologia do caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*). Aracajú: ADEMA (Administração Estadual do Meio Ambiente),1993. p.13-45.

- OSTRENSKY, A.; STERNHAIN, U.S.; BRUN, E. ; WEGBECKER, F.X.; PESTANA, D.
Análise da viabilidade técnico - econômica dos cultivos do caranguejo-uçá *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) no litoral paranaense. **Arq. Biol. Tecnol.**, v. 38, n. 3, p. 939-947, 1995.
- PINHEIRO, M.A.A.; FRANSOZO, A. Análise da relação biométrica do peso úmido pela largura da carapaça para o siri *Arenaneus cribrarius* (Lamarck, 1818) (Crustacea, Brachyura, Portunidae). **Arq. Biol. Tecnol.**, v. 36, n. 2, p. 331-341, 1993.
- PINHEIRO, M.A.A.; FISCARELLI, A.G. **Manual de apoio à fiscalização do Caranguejo-Uçá (*Ucides cordatus*)**. Itajaí: IBAMA, 2001. 60 p.
- PINHEIRO, M.A.A.; FISCARELLI, A.G.; HATTORI, G.Y. Growth of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Brachyura: Ocypodidae) at Iguape, SP, Brazil. **J. Crust. Biol.**, EUA, v. 25, n. 2, p. 293-301. 2005.
- SANTOS, E.P. **Dinâmica de populações aplicada à pesca e piscicultura**. São Paulo: HUCITEC/EDUSP, 1978. 129p.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN, G. **Guia para estudo de áreas de manguezal; estrutura, função e flora**. Caribbean Ecological Research, 1986, 150 p.
- SKOV, M.W.; HARTNOLL, R.G. Paradoxical selective feeding on a low-nutrient diet: why do mangrove crabs eat leaves? **Oecologia**, v. 131, p. 1-7, 2002.
- SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. **Biometry**, Freeman, New York, 1995, 887 p.
- SOUSA, W.P.; MITCHELL, B.J. The effect of seed predators on plant distributions: is there a general pattern in mangroves? **Oikos**, v. 86, p. 55-66, 1999.
- TWILLEY, R.R.; POZO, M.; GARCIA, V.H.; RIVERA-MONROY, V.H.; ZAMBRANO, R.; BODERO, A. Litter dynamics in riverine mangrove forests in the Guayas River estuary, Ecuador. **Oecologia**, v. 111, n. 1, p. 109-122, 1997.
- WILLIAMS, M.J. Methods for analysis of natural diet in portunid crabs (Crustacea: Decapoda: Portunidae). **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.**, v. 52, p. 103-113, 1981.
- WOLCOTT, T.G. Ecology. *In*: BURGREN, W.W. & B.R. MCMAHON. **Biology of the land crabs**. New York: Cambridge University Press, 1988. p. 55–96.
- ZAR, J.H. **Biostatistical Analysis**. 4. ed. Edition, New Jersey: Prentice Hall, 1999, 663p.

CAPÍTULO 5 – PREFERÊNCIA ALIMENTAR DO CARANGUEJO-UÇÁ ***Ucides cordatus* (LINNAEUS, 1763) (CRUSTACEA, OCYPODIDAE)**

RESUMO – A preferência alimentar do caranguejo-uçá *Ucides cordatus* foi estudada em relação às folhas das três principais espécies de mangue (*Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle*), em três estágios de maturação foliar (maduras, senescentes pré-abscisão e em decomposição), pela avaliação da frequência de escolha e quantidade ingerida das mesmas. Os experimentos de campo foram realizados em três áreas com composição vegetal e disponibilidade natural de serrapilheira distintas, sendo as folhas oferecidas sobre o sedimento, atadas com fio de nylon preso ao caule de árvores. Nos experimentos de cativeiro, os animais foram mantidos em recipientes plásticos onde as folhas foram oferecidas durante 72h, com substituição dos fragmentos a cada 24h. Não houve preferência por espécie arbórea ou estágio de folha nos experimentos de campo, com uma quantidade maior de folhas carregadas para o interior das galerias na área caracterizada por menor disponibilidade natural de serrapilheira. Os experimentos de cativeiro revelaram que não houve seleção das folhas nas primeiras 24 horas, o que ocorreu somente após este período, quando houve seleção pelo estágio de maturação foliar (rejeição das senescentes e com maior concentração de polifenóis) e, posteriormente, pela maior frequência de escolha das folhas de *A. schaueriana* e de *L. racemosa* (maduras e em decomposição). Não houve interação entre o alimento selecionado com o sexo ou maturidade dos caranguejos, embora os indivíduos jovens e as fêmeas tenham apresentado maior frequência de ingestão de folhas, o que está relacionado às diferenças metabólicas destas categorias de interesse.

Palavras-chaves: Crustacea, Folhas, Manguezal, Preferência alimentar, *Ucides*

Introdução

O manguezal é um ambiente de alta produtividade, com as folhas de mangue correspondendo ao principal constituinte da serrapilheira (TWILLEY *et al.*, 1997; BOER, 2000; CLOUGH *et al.*, 2000; presente estudo Capítulo 2). Estas folhas compreendem o principal recurso alimentar para a epifauna, além de atuar como fonte de nutrientes nas relações ecológicas e tróficas dos ambientes estuarinos, com grande importância na produção primária e secundária marinha (LEE, 1995; JENNERJAHN & ITTEKKOT, 2002). No entanto, as cadeias alimentares do manguezal não se diferenciam apenas pela variação na produção primária e nas condições climáticas distintas em diferentes áreas, mas também pelas diferenças na composição química dos detritos, na diversidade das espécies e na abundância de consumidores (ALONGI, 1997). Os crustáceos braquiúros correspondem à biomassa dominante neste ambiente, apresentando grande influência no processo de degradação da serrapilheira, e atuando diretamente no processamento e trituração da matéria vegetal (TWILLEY *et al.*, 1997; DAHDOUH-GUEBAS *et al.*, 1999; KOCH, 1999; WERRY & LEE, 2005).

Da mesma forma que os caranguejos influenciam os processos ecológicos dos manguezais, as folhas de mangue compreendem uma importante fonte de alimento, sendo o principal item encontrado na dieta de muitas espécies (DÍAZ & CONDE, 1988; CANNICCI *et al.*, 1999; GUERRERO-OCAMPO, 2002), entre as quais o caranguejo *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Capítulo 4). Embora grande parte dos animais de manguezal possa se alimentar de matéria vegetal, o estágio de maturação e decomposição foliar pode afetar a preferência pelos caranguejos herbívoros (CAMILLERI, 1989; MICHELI *et al.*, 1991; ASHTON, 2002).

A composição química das folhas de mangue apresenta grande variação entre as espécies arbóreas e seus estágios de maturação (Capítulo 3), podendo interferir nos processos de crescimento e reprodução dos crustáceos (MICHELI, 1993a,b). Este fato já foi registrado previamente para *U. cordatus* por GERALDES & CALVENTI (1983) e OSTRENSKY *et al.* (1995), em experimentos que demonstraram escolha por uma dieta rica em proteína animal, uma vez que a matéria vegetal apresenta influência sobre o crescimento e reprodução desta espécie.

Os animais da epifauna possuem como principal fonte de alimento as folhas disponíveis sobre o sedimento, tendo dependência direta da composição e abundância da serrapilheira. No entanto, a quantidade e qualidade do alimento que compõe a biomassa da serrapilheira podem variar sazonal e espacialmente (MICHELI, 1993b; MFILINGE *et al.*, 2002; presente estudo Capítulos 2 e 3). Em decorrência do baixo valor nutricional das folhas de mangue e o requerimento energético diferenciado em função do ciclo de vida dos crustáceos (p. ex., reprodução ou crescimento), a composição química e biomassa disponível no ambiente podem limitar o desenvolvimento dos braquiúros tipicamente herbívoros. Neste sentido, a preferência alimentar pode indicar a relação entre a qualidade de alimento disponível e daquele preferido pela espécie, revelando possíveis carências nutricionais pela disponibilidade e constituição dos alimentos em diferentes áreas naturais.

Várias espécies de caranguejos grapsídeos e sesarmídeos de manguezal já foram objeto de análises de dieta natural, preferência alimentar e efeito da composição química das folhas de mangue sobre sua alimentação (MICHELI *et al.*, 1991; EMMERSON & MCGWYNNE, 1992; MICHELI, 1993a,b; DAHDOUH-GUEBAS *et al.*, 1997; SLIM *et al.*, 1997; ASHTON, 2002; GUERRERO-OCAMPO, 2002; SKOV & HARTNOLL, 2002). No entanto, pouco se sabe sobre os processos alimentares de *U. cordatus*, uma das principais espécies de interesse econômico da costa brasileira. Os objetivos deste trabalho foram avaliar em campo e cativeiro o forrageamento e preferência alimentar do caranguejo-uçá em função da espécie arbórea e estágios de maturação foliar, e entre sedimento e matéria vegetal, visando subsídios ao melhor conhecimento de sua ecologia trófica e influência da composição e disponibilidade do alimento sobre seu ciclo de vida.

Material e Métodos

Os experimentos em campo e cativeiro foram realizados em manguezais da Área de Proteção Ambiental (APA) de Cananéia-Iguape-Peruíbe (CIP), litoral sul do Estado de São Paulo, durante o mês de março/2005. A preferência alimentar de *U. cordatus* foi avaliada em função dos estágios de maturação foliar (maduras = verdes nas árvores; senescentes pré-abscisão = folhas amarelas nas árvores que se soltavam ao toque do coletor; e em decomposição = folhas escuras sobre o sedimento, com nítido processo de lixiviação e decomposição bacteriana), para as três principais espécies arbóreas de manguezal na região: *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman, *Laguncularia racemosa* C.F.Gaertn e *Rhizophora mangle* L. Os métodos utilizados nos experimentos de campo e laboratório foram modificados daqueles empregados para caranguejos do gênero *Sesarma* por EMMERSON & MCGWYNNE (1992), MICHELI (1993a,b) e ASHTON (2002).

Experimentos em Campo

Os experimentos em campo foram realizados em três bosques com distinta característica fisiográfica quanto à espécie arbórea predominante, bem como abundância e composição da serrapilheira, a saber: Área R, com *R. mangle* e grande abundância de serrapilheira sobre o sedimento; Área A, com *A. schaueriana* e quantidade intermediária de serrapilheira; e Área L, com *L. racemosa* e baixa disponibilidade de serrapilheira (maiores detalhes das características das áreas no Capítulo 2).

Para analisar o forrageamento e preferência alimentar em campo foram oferecidas folhas das três espécies de mangue em três estágios de maturação foliar, totalizando nove tratamentos. As folhas foram coletadas nas mesmas áreas de estudo poucas horas antes do início dos experimentos, que foram realizados durante a maré

baixa diurna. Em cada área foram determinadas, ao acaso, 10 galerias da espécie *U. cordatus* com rastro recente, indicando a presença dos animais no interior.

As folhas foram amarradas individualmente pelo pecíolo com um fio de nylon transparente (3m de comprimento; $\varnothing = 0,4\text{mm}$) e atadas ao caule de uma árvore, sendo disponibilizadas, ao acaso, e em semi-circunferência, sobre o sedimento na entrada das galerias. Após duas horas foi efetuado o registro daquelas que haviam sido carregadas para as galerias pelo acompanhamento dos fios de nylon.

Experimentos em Cativeiro

A preferência alimentar dos caranguejos em cativeiro foi analisada por sexo e estágio de maturidade (jovem e adulto). Os animais foram mantidos em jejum prévio de três dias para que houvesse a limpeza completa do trato digestório. Foram utilizados 80 animais, sendo 40 espécimes jovens (20 machos e 20 fêmeas) e 40 adultos (20 machos e 20 fêmeas), com a maturidade determinada pela largura do cefalotórax (LC), segundo PINHEIRO & FISCARELLI (2001) (fêmeas jovens $LC < 43\text{mm}$; machos jovens $LC < 51,7\text{mm}$). Os animais que morreram ou escaparam antes do término do experimento foram desconsiderados das análises.

Os caranguejos foram individualizados em recipientes plásticos ($\varnothing = 30\text{cm}$; altura = 15cm), contendo água salobra (2cm de altura) e cobertos por tela, mantidos em uma área de manguezal da Ilha Comprida (SP), para manutenção da temperatura, umidade e fotoperíodo naturais. Os recipientes foram divididos em 5 blocos dentro da área, sendo que em cada bloco foram dispostos, ao acaso, 4 exemplares de cada categoria de interesse (machos e fêmeas jovens e adultos).

As folhas das três espécies arbóreas de mangue da região foram coletadas, lavadas com água corrente e cortadas em fragmentos de mesmo tamanho, sendo mantidas em temperatura ambiente, no máximo por 24 horas, antes do início do experimento. Após a aclimação, cada espécime recebeu sincronicamente pedaços de mesmo tamanho dos nove tratamentos (3 espécies arbóreas x 3 estágios de

maturação). O experimento teve duração de 72 horas, ocorrendo substituição das folhas por outras de mesma especificação a cada 24 horas. A porcentagem da área foliar consumida foi mensurada com o auxílio de um Sistema de Análises de Imagens KS-100, Carl Zeiss.

Em uma segunda etapa, 20 animais das mesmas categorias do experimento anterior foram mantidos nas mesmas condições, no entanto com a presença de sedimento (3cm de altura), retirado diretamente do manguezal e trocado a cada 24 horas. O protocolo experimental foi o mesmo anteriormente descrito, sendo os animais sacrificados ao seu término (72 horas), com remoção dos estômagos para averiguação de ingestão de sedimento.

Composição de Polifenóis, Nutrientes e Fibras

Para caracterizar a composição química das folhas, foram quantificados os macro e micronutrientes, polifenóis totais e fibras das amostras dos nove tratamentos utilizadas nos experimentos. As folhas utilizadas na análise de polifenóis e fibras foram lavadas individual e abundantemente em água corrente, secas com panos limpos, e mantidas sob refrigeração (no máximo por 48h), antes de serem desidratadas em estufa de ventilação forçada de ar (60°C por 72h) e submetidas à moagem (moinho de facas).

Para a determinação dos polifenóis totais foi empregado o método colorimétrico de Folin-Denis (detalhes da descrição no Capítulo 3); a quantificação de fibras (lignina, celulose e hemicelulose) foi realizada junto à UFSCar – Campus de Araras; e os macro e micro nutrientes foliares pelo Departamento de Solos e Adubos da FCAV, UNESP Jaboticabal, seguindo os métodos de BATAGLIA *et al.* (1983) (detalhes no Capítulo 3).

Análise dos Dados

Nos experimentos de campo, a taxa de forrageamento dos animais foi mensurada pelo percentual de folhas carregadas para o interior das galerias, com base

no total disponibilizado. Além disso, o transporte das folhas para as galerias foi verificado pelo acompanhamento dos fios de nylon, com registro das folhas levadas para galerias vizinhas àquela onde foram inicialmente oferecidas.

A preferência alimentar da espécie, nos experimentos em cativeiro, foi avaliada de duas formas: 1) taxa de forrageamento; e 2) quantidade de alimento ingerido. Considerou-se como taxa de forrageamento a porcentagem de folhas que apresentaram consumo, independente da quantidade ingerida. Desta forma, ao final de cada período experimental (24, 48 e 72 horas) foram contados os fragmentos que tiveram diminuição da área foliar e aqueles que não apresentaram qualquer manipulação pelos caranguejos.

Para a análise da quantidade de alimento ingerido, foram considerados apenas os fragmentos que sofreram forrageamento, com subsequente avaliação do percentual da área foliar consumida. Desta forma, foi possível distinguir a atratividade do alimento pela taxa de forrageamento (frequência de seleção pelo animal), assim como a palatabilidade pela análise da quantidade ingerida, uma vez que aqueles de baixa palatabilidade tendem a ser rejeitados após o forrageamento.

A comparação das taxas de forrageamento foi realizada com análises log-lineares de Tabelas de Contingência, avaliando-se a associação entre as variáveis tempo de experimento (24, 48 e 72 horas), sexo (machos e fêmeas), maturidade (jovens e adultos), espécie (*A. schaueriana*, *L. racemosa* e *R. mangle*) e estágio foliar (madura, senescente e em decomposição) pelo teste G. No caso de interações significativas, para a determinação de diferenças entre as categorias das variáveis, os resultados foram decompostos em tabelas de frequências 2x2, e reavaliados pelo Teste G ou Teste de Tukey para múltiplas proporções (SOKAL & ROHLF, 1995; ZAR, 1999).

Para analisar a influência das variáveis na quantidade de alimento ingerido, não foi realizada uma ANOVA fatorial, pois a taxa de consumo das variáveis (espécies arbóreas e estágios de maturação foliar) não é independente. Desta forma, a proporção da área foliar ingerida foi classificada em três categorias de intensidade (baixo: 0-33%; médio: 33,1-66%; alto: 66,1-100%), com subsequente comparação por análises log-lineares de Tabelas de Contigência, avaliando-se a associação através do Teste G; as

diferenças entre as categorias foram comparadas pelo Teste G em tabelas decompostas (2x2); ou pelo Teste de Tukey para múltiplas proporções (SOKAL & ROHLF, 1995; ZAR, 1999).

Para uma melhor observação dos resultados da caracterização química das folhas em relação às espécies estudadas e os diferentes estágios de maturação, ordenações foram construídas, utilizando-se o método de Análise de Coordenadas Principais (PCoA) (LEGENDRE & LEGENDRE, 1998; PODANI, 2000), utilizando-se distância Euclidiana como medida de semelhança. O programa MULTIV (PILLAR, 2004) foi utilizado para tais análises, sendo a variabilidade resumida em dois eixos principais.

Resultados

Experimentos em Campo

Os experimentos em campo não evidenciaram qualquer relação de preferência por espécie arbórea ou estágio de maturação foliar nas três áreas estudadas. No entanto, observou-se maior forrageamento na Área L, onde 92% das folhas disponíveis foram transportadas para o interior da galeria, quando comparada às Áreas A e R, com 23 e 36%, respectivamente, gerando a seguinte ordenação: L>A=R ($G=41,62$; g.l.=2; $p<0,0001$). Além disso, 42% das folhas tomadas pelos caranguejos da Área L não se encontravam no interior da mesma galeria na qual haviam sido dispostas no início do experimento, mas em outras a 0,5-1,5m destas. Nas Áreas A e R, esta taxa foi menor, com 14 e 22%, respectivamente e, além disso, registrou-se que 13,3% das galerias foram fechadas (“batumadas”) pelo animal após a tomada das folhas.

Experimentos em Cativeiro

Em relação aos animais mantidos em cativeiro, pode-se afirmar que o sedimento não foi ingerido como recurso alimentar (ausência nos estômagos analisados ao final do experimento), ao contrário do consumo de material foliar, registrado em todos os

exemplares analisados. Para a avaliação da preferência alimentar foram utilizados 71 animais que permaneceram durante 72 horas em experimento, correspondendo a 37 machos (18 espécimes adultos e 19 jovens) e 34 fêmeas (19 adultos e 15 jovens).

O tempo de experimento apresentou forte influência sobre o forrageamento ($G=11,85$; g.l.=2; $p=0,0027$) e ingestão de alimento ($G=9,57$; g.l.=2; $p=0,0084$), conforme pode ser observado na Figura 1, onde observa-se as maiores taxas de procura por alimento e da quantidade de folhas ingeridas na terceira etapa (48 a 72 horas). A comparação dos demais períodos mostra uma redução significativa na taxa de forrageamento entre 24 e 48 horas, embora mantendo a quantidade de folhas ingeridas, o que indica um maior consumo das folhas selecionadas. Desta forma, optou-se por uma análise dos dados separadamente por período temporal de experimento.

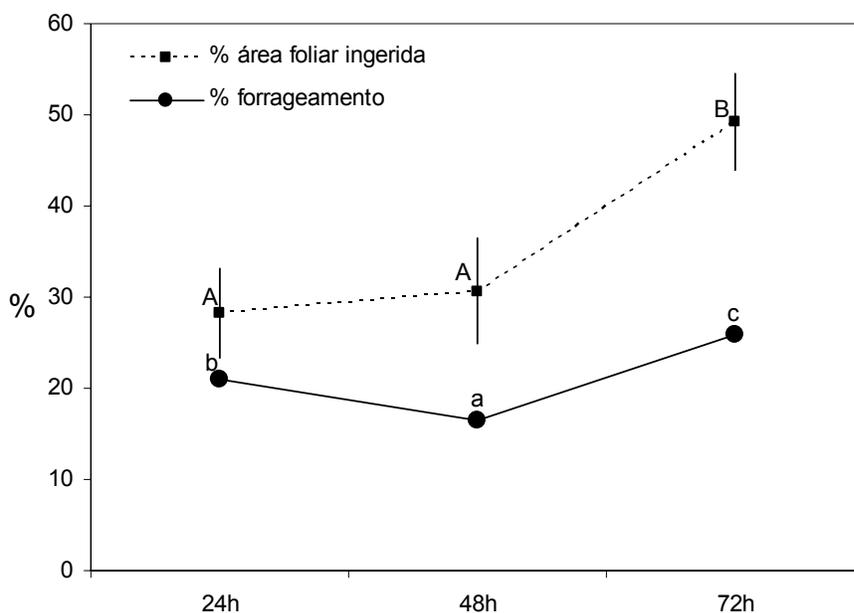


Figura 1. *U. cordatus*. Proporção das folhas disponíveis que foram selecionadas para alimentação (forrageamento) e da área foliar ingerida (média e intervalo de confiança da média) durante o período do experimento com animais mantidos em cativeiro, na Ilha Comprida (SP), em março/2005. Valores seguidos de pelo menos uma mesma letra em comum, dentro de uma mesma linha, não diferem significativamente (Teste de Tukey para múltiplas proporções, 5%).

O sexo dos animais não influenciou o processo de tomada de alimento, com exceção da quantidade significativamente maior de folhas ingeridas pelas fêmeas entre 24 e 48 horas (Tabelas 1 e 2). No entanto, a maturidade influenciou o processo de captura do alimento, com os indivíduos jovens apresentando uma taxa de forrageamento significativamente maior do que os adultos (Tabela 1 e Figura 2). Além disso, com exceção do segundo período, os juvenis ingeriram uma quantidade significativamente maior de alimento, confirmada pela maior proporção de folhas com alto consumo (66 a 100%) nas 24 e 72 horas de experimento (Tabela 2 e Figura 2).

Tabela 1. *U. cordatus*. Significância das fontes de variação (sexo e maturidade dos caranguejos; espécie e estágio de maturação das folhas de mangue) dos modelos log-lineares para a frequência de forrageamento dos animais mantidos em cativeiro, na Ilha Comprida (SP), em março/2005.

Fontes de Variação	24h			48h			72h		
	<i>g.l.</i>	<i>G</i>	<i>p</i>	<i>g.l.</i>	<i>G</i>	<i>p</i>	<i>g.l.</i>	<i>G</i>	<i>p</i>
Sexo (S)	1	3,1954	0,0738	1	0,9851	0,3209	1	1,2309	0,2672
Maturidade (M)	1	29,6341	<0,0001	1	16,8519	<0,0001	1	13,2817	0,0003
Espécie (E)	2	5,2547	0,0723	2	4,4250	0,1094	2	3,7956	0,1499
Estágio (EM)	2	3,5433	0,1701	2	7,8799	0,0194	2	3,7955	0,1499
S*M	1	0,0750	0,7842	1	0,0962	0,7564	1	1,8945	0,1687
S*E	2	0,3810	0,8265	2	1,0723	0,5850	2	1,5899	0,4516
S*EM	2	1,3208	0,5166	2	0,5407	0,7631	2	0,0551	0,9728
M*E	2	0,8454	0,6553	2	0,9456	0,6232	2	0,6278	0,7306
M*EM	2	0,4565	0,7959	2	2,3436	0,3098	2	0,4349	0,8046
E*EM	4	8,7014	0,0690	4	3,5589	0,4690	4	10,5441	0,0322
S*M*E	2	0,2939	0,8633	2	0,7729	0,6795	2	0,5823	0,7474
S*M*EM	2	0,2608	0,8777	2	0,5277	0,7681	2	0,2020	0,9039
S*E*EM	4	0,3520	0,9862	4	2,8485	0,5835	4	4,2335	0,3753
M*E*EM	4	2,5073	0,6433	4	2,2841	0,6837	4	3,8115	0,4321
S*M*E*EM	4	0,8662	0,9294	4	2,7848	0,5945	4	2,5255	0,6401

*Valores em negrito indicam significância

Apesar do maior consumo de folhas pelos jovens, e pelas fêmeas no segundo período, não ocorreu interação entre o sexo e maturidade dos caranguejos, com a espécie arbórea e estágios de maturação foliar (Tabelas 1 e 2). Durante as primeiras 24 horas de experimento não houve seleção de folhas para alimentação (Tabelas 1 e 2), mas apenas várias folhas caracterizadas por reduzido consumo (0 a 33% da área foliar; $p < 0,05$), em comparação aquelas de consumo médio e elevado (33,1 a 66% e 66,1 a 100%, respectivamente).

Tabela 2. *U. cordatus*. Significância das fontes de variação (sexo e maturidade dos caranguejos; espécie e estágio de maturação das folhas de mangue) dos modelos log-lineares para a intensidade de ingestão de folhas (baixa = 0-33%; intermediária = 33,1-66%; elevada = 66,1-100% da área foliar) dos animais mantidos em cativeiro, na Ilha Comprida (SP), em março/2005. As interações de segunda, terceira e quarta ordem não apresentaram significância ($p > 0,05$) e não se encontram representadas na Tabela.

Fontes de Variação	24h			48h			72h		
	<i>g.l.</i>	<i>G</i>	<i>p</i>	<i>g.l.</i>	<i>G</i>	<i>p</i>	<i>g.l.</i>	<i>G</i>	<i>p</i>
Sexo (S)	1	2,5804	0,1082	1	25,7222	<0,0001	1	1,0282	0,3106
Maturidade (M)	1	23,6713	<0,0001	1	0,1678	0,6821	1	11,0568	0,0009
Espécie (E)	2	4,2692	0,1183	2	2,5845	0,2747	2	3,1521	0,2068
Estágio (EM)	2	2,8409	0,2416	2	11,4503	0,0033	2	3,1521	0,2068
Intensidade (I)	2	57,4266	<0,0001	1	3,5646	0,0590	2	3,9632	0,1379
S*M	1	0,0101	0,9201	1	2,0668	0,1505	1	1,3243	0,2498
S*E	2	0,2457	0,8844	2	1,2124	0,5454	2	0,7730	0,6794
S*EM	2	1,0902	0,5798	2	1,2082	0,5466	2	0,1577	0,9242
S*I	2	0,2314	0,8907	1	5,0537	0,0246	2	1,9369	0,3797
M*E	2	0,5012	0,7784	2	0,6436	0,7249	2	0,2280	0,8922
M*EM	2	0,1769	0,9154	2	3,1175	0,2104	2	0,6042	0,7393
M*I	2	0,0929	0,9546	1	3,5064	0,0611	2	5,3398	0,0693
E*EM	4	6,1056	0,1914	4	5,1488	0,2724	4	10,2518	0,0364
E*I	4	4,4355	0,3503	2	1,2641	0,5315	4	9,5696	0,0483
EM*I	4	5,8105	0,2138	2	1,5236	0,4668	4	5,9322	0,2043

*Valores em negrito indicam significância

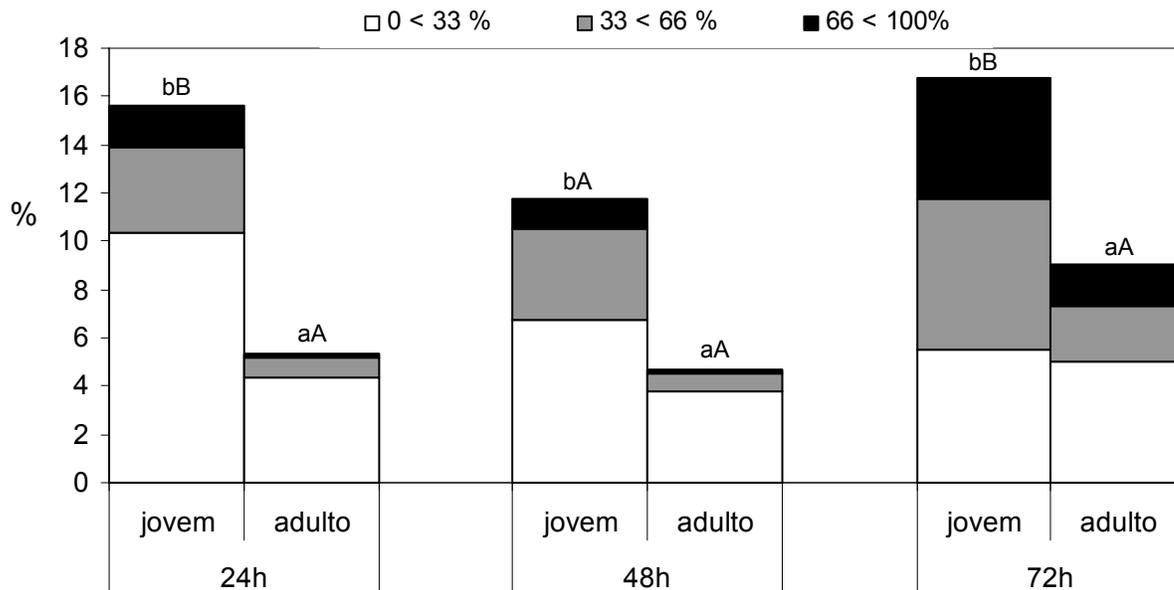


Figura 2. *U. cordatus*. Frequência de forrageamento e alimentação, por categoria da porcentagem da área foliar ingerida, das folhas disponíveis para alimentação dos indivíduos jovens e adultos durante o período de experimento de preferência alimentar dos animais mantidos em cativeiro, na Ilha Comprida (SP), em março/2005. Barras seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula, dentro de um mesmo período, não diferem significativamente na frequência de forrageamento (Teste de Qui-quadrado, 5%) e barras seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula, dentro de um mesmo período, não diferem significativamente na frequência de categorias da porcentagem da área foliar ingerida (Teste de Qui-quadrado, 5%).

O segundo período do experimento (24 a 48 horas) mostrou redução na taxa de forrageamento embora as folhas forrageadas tenham apresentado maior área foliar consumida (Figura 1), com início de seleção pelo estágio de maturação foliar (Tabelas 1 e 2). Neste período, os indivíduos consumiram significativamente mais folhas maduras e em decomposição do que as senescentes (Figura 3).

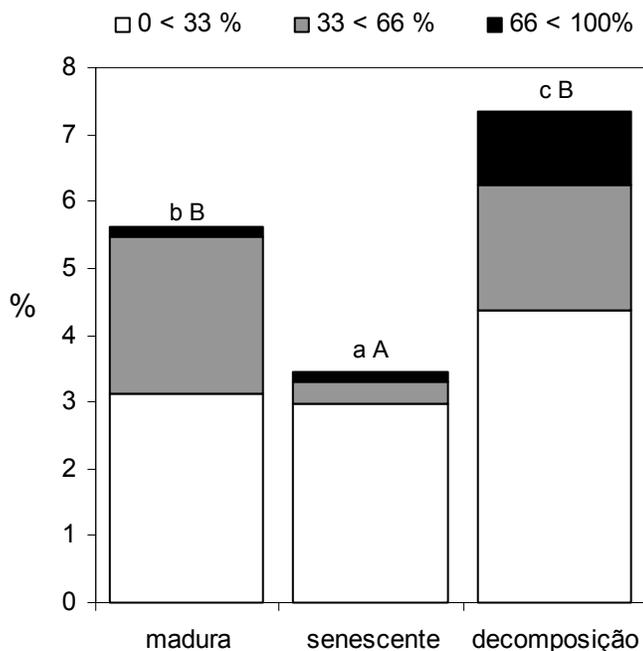


Figura 3. *U. cordatus*. Frequência de forrageamento e alimentação por categoria da porcentagem da área foliar ingerida, entre 24 e 48 horas, dos estágios de maturação foliar oferecidos no experimento de preferência alimentar dos animais mantidos em cativeiro na Ilha Comprida (SP), em março/2005. Barras seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula não diferem significativamente na frequência de forrageamento (Teste de Qui-quadrado, 5%) e barras seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula não diferem significativamente na frequência de categorias da porcentagem da área foliar ingerida (Teste de Qui-quadrado, 5%).

A Tabela 3 e Figura 4 mostram que os estágios de maturação apresentaram peculiaridades químicas específicas segundo seu estágio de maturação, com as senescentes sendo caracterizadas principalmente pela quantidade de celulose e polifenóis; as maduras pela quantidade de N, P K e S; e as folhas em decomposição pela quantidade de hemicelulose, lignina, Fe, B, Cu e Ca.

Tabela 3. Caracterização do polifenóis, fibras, macro e micronutrientes das principais espécies de mangue em três estágios de maturação foliar (M = madura; S = senescente; D = em decomposição) oferecidas para teste de preferência alimentar do caranguejo uçá mantido em cativeiro, na Ilha Comprida (SP), em março/2005.

	<i>A. schaueriana</i>			<i>L. racemosa</i>			<i>R. mangle</i>		
	M	S	D	M	S	D	M	S	D
polifenóis¹	0,68	1,13	0,59	11,97	15,68	5,79	7,50	10,03	2,80
lignina¹	9,52	9,76	11,64	10,16	7,36	15,56	6,88	9,24	11,12
celulose¹	13,88	20,04	22,46	10,84	11,14	5,64	10,32	9,16	8,58
hemicelulose¹	20,4	12,5	13,1	8,7	10,3	14,6	45	45,5	58,9
N²	22,5	9,8	8,8	13,7	6,9	6,9	15,7	7,8	6,9
P²	2,1	1	0,8	1,7	1,2	0,9	1,3	0,8	0,4
K²	28	10,2	7,6	14,1	10,1	1,6	9,3	8,1	0,7
Ca²	3,3	6,6	5,9	7,4	8,1	9,4	8,3	9,7	12,5
Mg²	8	12	13	3,1	2,4	2,6	4,3	5,1	3,5
S²	2,5	2,7	2,8	1,5	1,5	1,5	2,3	1,9	1,8
B³	59	56	63	41	42	44	49	62	74
Cu³	1	0	0	0	4	6	0	0	0
Fe³	191	524	642	887	1160	3350	68	94	583
Mn³	133	280	290	119	138	151	280	510	400
Zn³	20	15	8	15	16	27	4	2	3

¹%; ²g kg⁻¹; ³mg kg⁻¹

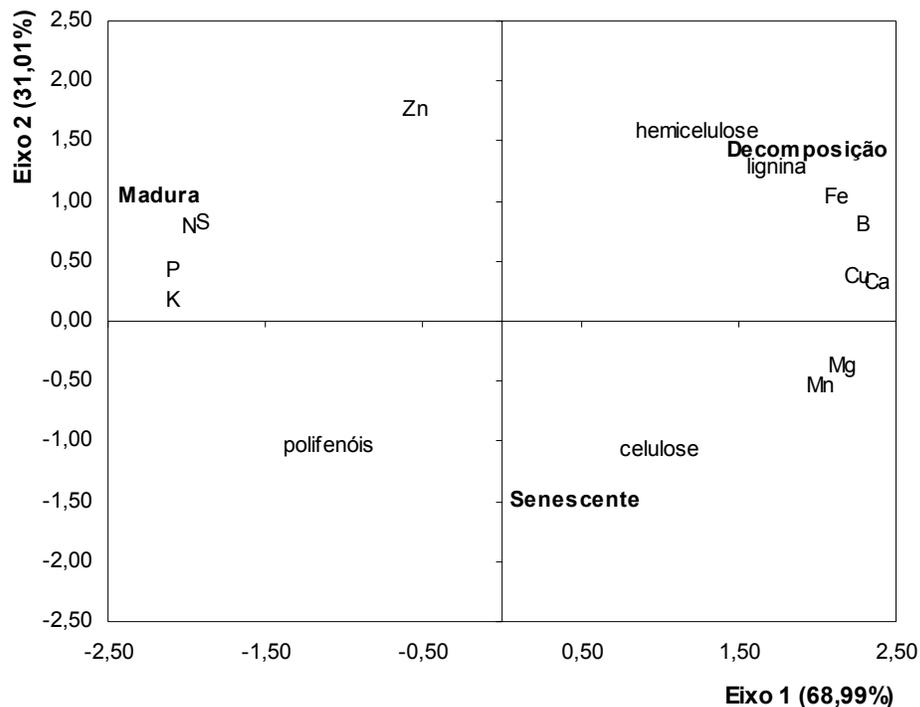


Figura 4. *U. cordatus*. Análise de Coordenadas Principais (PCoA) da composição de fibras, polifenóis e nutrientes em relação aos estágios de maturação foliar do material coletado em manguezais da Ilha Comprida (SP), em março/2005.

Durante o terceiro período (48 a 72 horas) o processo de seleção apresentou interação entre a espécie arbórea e o estágio foliar consumido (Tabelas 1 e 2, Figura 5). As folhas de *A. schaueriana* foram mais consumidas do que as de *L. racemosa*, as quais foram preferidas às de *R. mangle*, o que pode ser observado pela maior proporção de folhas com alto consumo (66-100% da área foliar) em relação as demais classes (Figura 5). Considerando-se a frequência de procura e a quantidade ingerida, percebe-se que os animais preferiram as folhas em decomposição/senescentes de *A. schaueriana*; as folhas maduras/em decomposição de *L. racemosa*; e as folhas maduras de *R. mangle* (Figura 5). Vale ressaltar, também, o elevado consumo das folhas maduras de *A. schaueriana*, apesar de sua menor procura pelos animais analisados, ao contrário das folhas senescentes de *L. racemosa*, caracterizadas pela menor preferência, baixa taxa de forrageamento e reduzida quantidade ingerida.

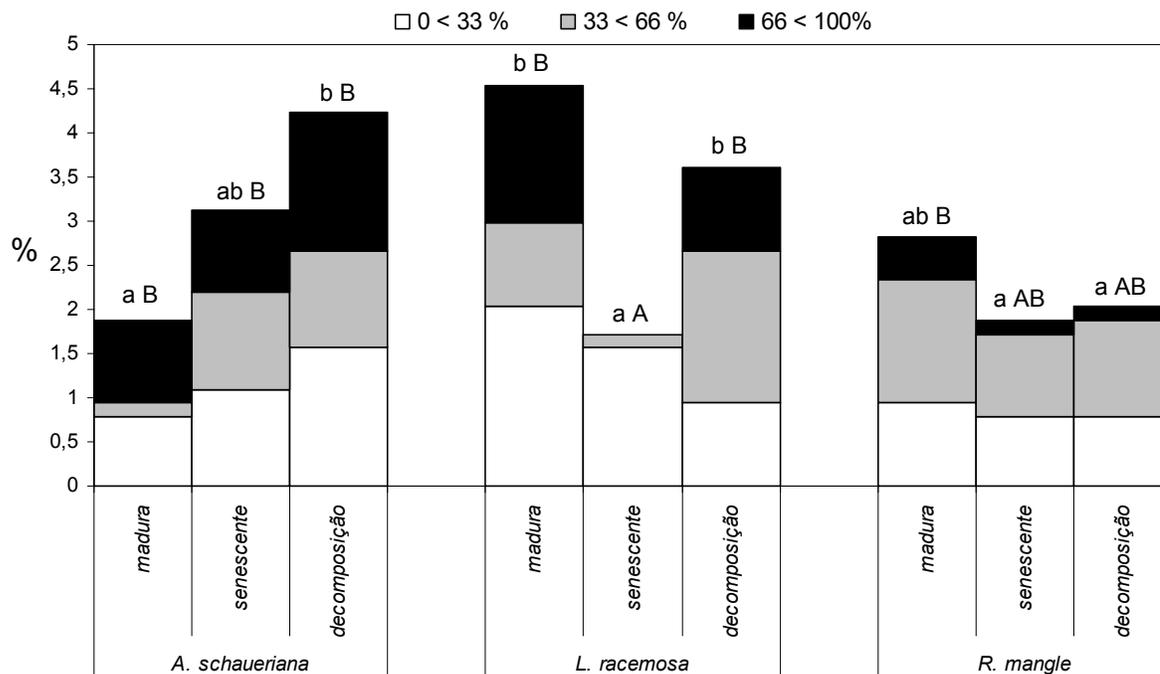


Figura 5. *U. cordatus*. Freqüência de forrageamento e alimentação, por categoria da porcentagem da área foliar ingerida, dos estágios de maturação foliar de cada espécie de mangue oferecidos no experimento de preferência alimentar entre 48 e 72 horas, dos animais mantidos em cativeiro na Ilha Comprida (SP), em março/2005. Barras seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula não diferem significativamente na freqüência de forrageamento (Teste de Tukey para múltiplas proporções, 5%) e barras seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula não diferem significativamente na freqüência de categorias da porcentagem da área foliar ingerida (Teste de Tukey para múltiplas proporções, 5%).

De modo geral, as folhas mais selecionadas pelos animais apresentaram as maiores concentrações de N, P, K, Mg, S e celulose, com exceção do estágio em decomposição de *L. racemosa* que se distingue dos demais estágios foliares pelo elevado teor de Cu e Fe (Figura 6). As folhas de *L. racemosa* senescentes apresentaram a maior concentração de polifenóis (Tabela 3), enquanto as senescentes/em decomposição de *R. mangle* foram caracterizadas, principalmente, pelo elevado teor de hemicelulose e Mn (Figura 6).

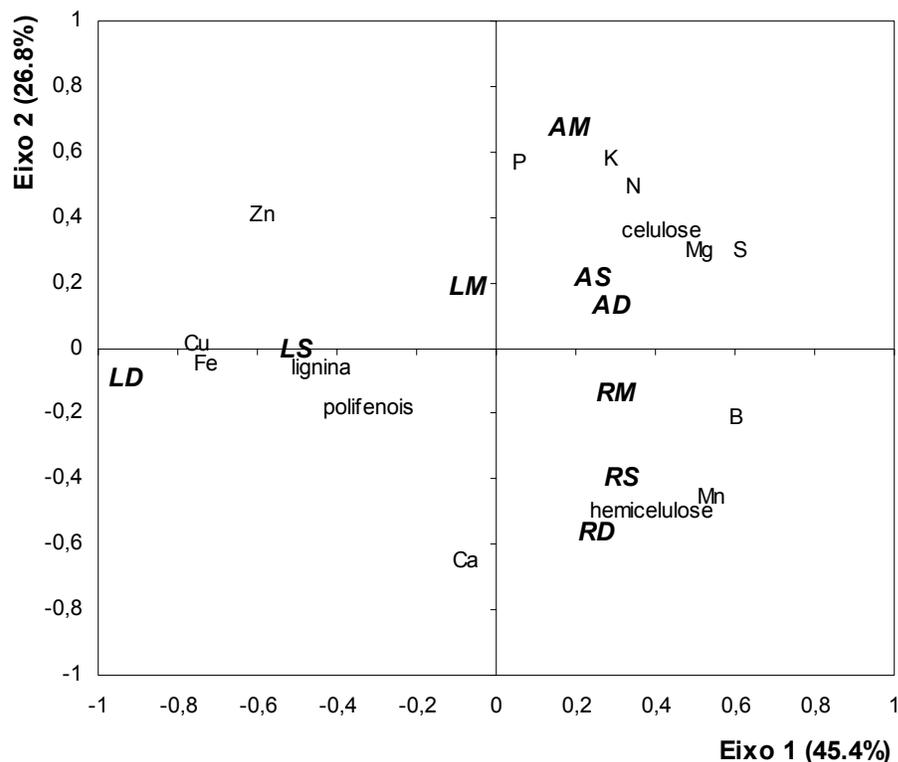


Figura 6. *U. cordatus*. Análise de Coordenadas Principais (PCoA) da composição de fibras, polifenóis e nutrientes das principais espécies de mangue (A = *A. schaueriana*; L = *L. racemosa*; R = *R. mangle*) em relação aos estágios de maturação foliar (M = maduro; S = senescente; D = decomposição) do material coletado em manguezais da Ilha Comprida (SP), em março/2005.

Discussão

As folhas de mangue na serrapilheira constituem a principal fonte alimentar do caranguejo-uçá, os quais apresentaram intenso forrageamento. Os experimentos em campo revelaram que em condições naturais os caranguejos não selecionam as folhas da serrapilheira em função da espécie arbórea ou estágio de maturação, as quais são indistintamente carregadas e armazenadas no interior das galerias escavadas por esta espécie. Este intenso forrageamento causa importante impacto aos processos

ecológicos em áreas de manguezal, onde um único animal pode chegar a remover quantidades superiores a 10% da biomassa disponível sobre o sedimento em apenas uma hora de atividade. TWILLEY *et al.* (1997) registraram influência similar sobre a serrapilheira dos manguezais do Equador pela espécie congênica *U. occidentalis* (Ortmann, 1897).

Ucides cordatus corresponde a um dos macroinvertebrados de maior porte em áreas de manguezal, apresentando alta densidade de indivíduos em áreas naturais pouco impactadas (HATTORI, com. pess.). Em função da alta densidade e processo de forrageamento, grande parte da biomassa é transportada pelos indivíduos desta espécie para as camadas mais inferiores do solo. A elevada frequência alimentar em ambiente natural (Capítulo 4) e em cativeiro (presente estudo) indicam que as folhas removidas da serrapilheira são consumidas pelos animais, embora pequena quantidade desta energia seja assimilada, com o excedente sendo liberado com as fezes, gerando substrato rico às bactérias e caranguejos detritívoros (KOCH, 1999). Pelo exposto, o processo alimentar do caranguejo *U. cordatus* apresenta grande impacto no fluxo de nutrientes nos manguezais, pois se alimentam com frequência de uma fonte alimentícia facilmente disponível e constante, além de prover material fragmentado à colonização pelas bactérias. Durante o processo de decomposição ocorre otimização da disponibilidade de nutrientes às espécies detritívoras, bem como aos componentes da meiofauna e espécies vegetais.

KOCH (1999) descreveu a influência de *U. cordatus* no fluxo energético, considerando a biomassa total de manguezal e a diferença energética entre a produção primária e consumo/respiração das espécies de manguezal. Os resultados do presente estudo vêm confirmar a importância desta espécie como base da cadeia trófica e na ciclagem de nutrientes nos manguezais, indicando a necessidade de cuidados com sua exploração comercial, uma vez que sua diminuição em bosques de manguezal por exploração excessiva causaria sério impacto ecológico. Uma redução no processo de forrageamento promoveria alteração na quantidade de nutrientes mantidos no manguezal, com a diminuição da decomposição da matéria orgânica fragmentada, bem

como sua disponibilidade para os caranguejos detritívoros e aos componentes da meiofauna dos manguezais.

A taxa de forrageamento dos caranguejos na Área L foi maior do que nas demais, bem como a competição pelos animais por esta fonte de alimento, haja vista a elevada quantidade carregada para as galerias circunvizinhas às quais haviam sido oferecidas. A maior proporção de forrageamento deve estar relacionada a dois fatores: 1) à baixa disponibilidade de serrapilheira desta área (Capítulo 2); e 2) à maior densidade de indivíduos jovens neste bosque (HATTORI, com. pess.), os quais apresentaram elevada frequência de captura de folhas em cativeiro. Pode-se afirmar, também, que os animais encontram-se sobre forte pressão ambiental nesta área, devido à sua maior densidade, aumentando o grau de competição pelo alimento, que é pouco disponível e de reduzido valor nutricional.

Observou-se uma maior taxa de forrageamento das fêmeas em relação aos machos, e dos jovens em comparação aos adultos. A maior frequência alimentar das fêmeas de *U. cordatus*, observada em campo (Capítulo 4), possivelmente esteja relacionada à elevação metabólica necessária à produção dos ovos e migração para a liberação larval. Por outro lado, a elevação da atividade alimentar dos indivíduos jovens desta espécie pode ser explicada por sua maior frequência de muda (PINHEIRO *et al.*, 2005), em função do requerimento energético necessário ao crescimento.

Com base nos resultados obtidos, podemos separar o processo de alimentação dos animais em duas etapas: 1) forrageamento, e 2) seleção do alimento. A ausência de preferência alimentar, obtida pelos resultados de forrageamento em campo, indica que os animais não selecionam o alimento durante o processo de forrageamento natural, transportando todas as folhas indistintamente para o interior da galeria. O processo de seleção do alimento ocorre em um momento posterior, no interior da galeria, entre as folhas armazenadas na etapa anterior. De acordo com NASCIMENTO (1993), as folhas de mangue são carregadas pelo caranguejo-uçá para sua galeria, onde sofrem o processo de decomposição por fungos e bactérias, que por sua vez sintetizam proteínas passíveis de enriquecer este alimento.

Os experimentos em cativeiro revelaram uma forte associação entre a preferência alimentar e as características químicas das folhas, como já observado em outros estudos similares (CAMILLERI, 1989; MICHELI, 1993a; GUERRERO-OCAMPO, 2002). Observou-se que durante as primeiras 24 horas, os animais não selecionaram o alimento por sua constituição, provavelmente devido à fome em função do período de jejum ao qual estavam submetidos. Sendo assim, os caranguejos forragearam com frequência, ingerindo pequenas quantidades de alimento.

No segundo período, depois de saciada a fome excessiva, os animais iniciaram a seleção do alimento, forrageando uma menor quantidade de folhas, porém ingerindo uma maior quantidade daquelas mais palatáveis que, conseqüentemente, foram as mais consumidas. Neste período, pode-se afirmar que a maior concentração de polifenóis nas folhas senescentes, foi o fator que melhor explicou sua reduzida ingestão como alimento. Sabe-se que os polifenóis são substâncias adstringentes que atuam como defensores químicos das plantas contra herbivoria (GODOY *et al.*, 1997; KANDIL *et al.*, 2004) e que outros caranguejos de manguezal mostram preferência por folhas de mangue com menor concentração destas substâncias (MICHELI, 1993a; GUERRERO-OCAMPO, 2002).

Após o processo inicial de preferência por folhas maduras e em decomposição, observou-se que os caranguejos passaram a selecionar outras características das folhas, como os maiores teores de N, P, K, Mg e S. A quantidade de celulose não apresentou grande influência na palatabilidade e seleção do alimento, uma vez que as folhas senescentes, com forte influência da celulose, foram rejeitadas no segundo período, ocorrendo o mesmo com aquelas de maior preferência no terceiro período também, que puderam ser agrupadas em função da celulose. Desta forma, observa-se a inexpressividade destas fibras na seleção do alimento por esta espécie, que num primeiro momento selecionaram em função dos polifenóis, e posteriormente, pela quantidade de macronutrientes (N, P, K, Mg).

A preferência dos animais por folhas em decomposição de *L. racemosa*, e a reduzida seleção de folhas de *R. mangle*, demonstram que além da constituição de polifenóis e de macronutrientes, outros fatores podem ter influenciado o processo de

seleção de alimento, p. ex., a textura, coloração, e mesmo a palatabilidade por outros constituintes químicos. Estudos mais detalhados sobre a influência de elementos como o Fe, Cu, Zn, Mn na palatabilidade da folhas e nos processos fisiológicos dos animais podem revelar importantes resultados sobre o processo de seleção do alimento e requerimento energético pelos animais, respectivamente. CORRÊA *et al.* (2005) observaram que elevadas concentrações de Mn e Cr no ambiente podem alterar os processos fisiológicos de *U. cordatus* e, no caso do Mn, de grande toxicidade para esta espécie. Tal fato explicaria o menor consumo das folhas de *R. mangle* pelo caranguejo-uçá, já que este elemento químico apresenta-se em altas concentrações nas folhas senescentes/em decomposição desta espécie arbórea.

De modo geral, os resultados de preferência alimentar do caranguejo-uçá por folhas de mangue foi similar ao obtido para outras espécies de grapsídeos e sesarmídeos (CAMILLERI, 1989; LEE, 1989; MICHELI, 1993a,b; ASHTON, 2002; GUERRERO-OCAMPO, 2002), onde as concentrações de N, P e polifenóis foram as principais variáveis que influenciaram a seleção e ingestão do alimento. Entretanto, algumas diferenças foram verificadas entre os estudos citados, que provavelmente sejam oriundas de diferenças metodológicas no protocolo experimental.

Os resultados do presente estudo evidenciaram, com elevada significância, que o processo de seleção dos alimentos é diretamente influenciado pela condição fisiológica dos animais. Após o período de jejum, os caranguejos tendem a aumentar sua frequência de forrageamento, visando saciar a falta de alimento pela ingestão indiscriminada de toda diversidade de alimento disponível. Após este período, eles iniciam o processo de seleção de alimento, que no presente estudo foi evidenciado inicialmente pelos estágios de maturação foliar, e em seguida pela interação destes com a espécie de mangue.

Os dados obtidos sugerem cautela na análise de resultados obtidos em experimentos com apenas 24 horas de duração, uma vez que a seleção dos alimentos pode ser prejudicada pelo período de jejum inicial. Esta precaução foi anteriormente evidenciada por PETERSON & RENAUD (1989) e MICHELI (1993a) para experimentos com oferecimento simultâneo de diferentes espécies e/ou estágios de maturação foliar,

onde a seleção de um fragmento implica obrigatoriamente na exclusão dos demais naquele instante, não existindo independência das amostras. Portanto, a aplicação de Análise de Variância (ANOVA) nestes é um procedimento estatisticamente incorreto, podendo influenciar de forma equivocada a interpretação dos resultados obtidos.

Pelo exposto, observa-se que a preferência alimentar do caranguejo-uçá é influenciada, principalmente, pela maior quantidade de polifenóis e macronutrientes consumindo as folhas de *A. schaueriana* e as folhas maduras/em decomposição de *L. racemosa*. Desta forma, a composição do alimento mostra influência sobre a alimentação dos animais, bem como as variações espaço-temporais na disponibilidade e composição da serrapilheira em áreas de manguezal, podendo afetar diretamente o desenvolvimento dos caranguejos. Embora não tenha sido observada a presença de grânulos de sedimento no estômago dos animais ao final dos experimentos de preferência entre folhas e sedimento, os resultados da dieta natural da espécie em campo (Capítulo 4) demonstraram um elevado teor de matéria orgânica, com provável influência na engorda dos animais. Assim, torna-se necessário o estudo mais detalhado sobre a utilização das partículas de sedimento por esta espécie, associado aos aspectos morfológicos de obtenção da matéria orgânica.

A intensificação de estudos sobre a influência dos elementos químicos na nutrição da espécie pode levar à formulação de ração específica, com composição e balanceamento adequados à otimização do crescimento e engorda do caranguejo-uçá em cativeiro, atingindo tamanho comercial em um tempo menor do que o encontrado por DIELE (2000) e PINHEIRO *et al.* (2005). Além disso, mostra importância ecológica desta espécie no processamento da serrapilheira e no enriquecimento nutricional do sedimento, utilizado por espécies detritívoras como alimento, evidenciando a necessidade de estudos de manejo de *U. cordatus* em áreas naturais, evitando-se um possível impacto sobre o fluxo de nutrientes no ambiente.

Referências

- ALONGI, D. M. **Coastal ecosystem processes**. London: CRC Press, 1997. 419 p.
- ASHTON, E.C. Mangrove sesarimid crab feeding experiments in Peninsular Malaysia. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.**, v. 273, p. 97-119, 2002.
- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. **Métodos de análises químicas de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 1983. 48 p. (Boletim Técnico, 78).
- BOER, W.F. Biomass dynamics of seagrasses and the role of mangrove and seagrass vegetation as defferent nutrient sources for an intertidal ecosystem. **Aquat. Bot.**, v. 66, p. 225-239, 2000.
- CAMILLERI, J.C. Leaf choice by crustaceans in a mangrove forest in Queensland. **Mar. Biol.**, v. 102, p. 453-459, 1989.
- CANNICCI, S.; FRATINI, S.; VANNINI, M. Use of time, space and food resources in the mangrove climbing crab *Selation elongatum* (Grapsidae: Sesarminae). **Mar. Biol.** v.135, n. 2, p. 335-339, 1999.
- CLOUGH, B.F.; TAN, D.T.; PHUONG, D.X. Canopy leaf area index and litter fall in stands of the mangrove *Rhizophora apiculata* of different age in the Mekong Delta, Vietnam . **Aquat. Bot.**, v. 66, n. 4, p. 311-320, 2000.
- CORRÊA, J.D. Jr; SILVA, M.R.; SILVA, A.C.B.; LIMA, S.M.A; MALM, O; ALLODI, S. Tissue distribution, subcellular localization and endocryne disruption patterns induced by Cr and Mn in the crab *Ucides cordatus*. **Aquat. Tox.**, v. 73, p.139-154. 2005.
- DAHDOUH-GUEBAS, F; VERNEIRT, M.; TACK, J.F. Propagule predators in Kenyan mangroves and their possible effect on regeneration. **Mar. Fresh. Res.**, v. 49, n. 4, p. 345-350, 1997.
- DAHDOUH-GUEBAS, F; GIUGGIOLI, M.; OLUOCH, A. Feeding habits of non-ocypodid crabs from two mangrove forests in Kenya. **Bull. Mar. Sci.** v. 64 n. 2, p. 291-297, 1999.

- DIAZ, H.; CONDE, J.E. On the food sources for the mangrove tree crab *Aratus pisonii* (Brachyura: Grapsidae). **Biotropica**, v. 20, n. 4, p. 348-350, 1988.
- DIELE, K. **Life History and Population Structure of the Exploited Mangrove Crab *Ucides cordatus cordatus* (Linnaeus, 1763) (Decapoda: Brachyura) in the Caeté Estuary, North Brazil.** 2000. 116 f. Tese (Doutorando). Universidade de Bremen, Bremen.
- EMMERSON, W.D.; MCGWYNNE, L.E. Feeding and assimilation of mangrove leaves by the crab *Sesarma meinerti* de Man in relation to leaf-litter production in Mgazana, a warm-temperate southern African mangrove swamp. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.**, v. 157, p. 41-53, 1992.
- GERALDES, M.G.; CALVENTI, I.B. Estudios experimentales para el mantenimiento en cautiverio del cangrejo *Ucides cordatus*. **Ciênc. Interamer.** v. 23, n. 4, p. 41-53, 1983.
- GODOY, S.A.P; MAYWORM, M.A.S; LO, V. K; SALATINO, A; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Teores de ligninas, nitrogênio e taninos em folhas de espécies típicas de mangue. **Rev. Bras. Bot.** v. 20, n.1, p. 35-40, 1997.
- GUERRERO-OCAMPO, C.M. **Hábito alimentar em caranguejos grapsídeos de manguezais.** 2002. 148 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- JENNERJAHN, T.C.; ITTEKKOT, V. Relevance of mangroves for the production and deposition of organic matter along tropical continental margins. **Naturwissenschaften**, v. 89, p. 23-30, 2002.
- KANDIL, F.E.; GRACE, M.H.; SEIGLER, D.S.; CHEESEMAN, J.M. Polyphenolics in *Rhizophora mangle* L. leaves and their changes during leaf development and senescence. **Trees**, v. 18, p. 518-528, 2004.
- KOCH, V. **Epibenthic production and energy flow in the Caeté mangrove estuary, North Brazil.** 1999. 97 f. Tese (Doutorado). Center for Tropical Marine Ecology, University Bremen.

- LEE, S.Y. The importance of sesarminae crabs *Chiromanthes* ssp. and inundation frequency on mangrove (*Kandelia candel* Druce) leaf litter turnover in a Hong Kong tidal shrimp pond. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.**, v. 131, p. 23-43, 1989.
- LEE, S.Y. Mangrove outwelling – a review. **Hydrobiologia**, v. 295, n. 1-3, p. 203-212, 1995.
- LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. Numerical Ecology, 2nd. edition. Elsevier, Amsterdam. 1998
- MFILINGE, P.L.; ATTA, N.; TSUCHIYA., M. Nutrient dynamics and leaf litter decomposition in a subtropical mangrove forest at Oura Bay, Okinawa, Japan. **Trees**, v. 16, p. 172-180, 2002.
- MICHELI, F. Feeding ecology of mangrove crabs in North Eastern Australia: mangrove litter consumption by *Sesarma messa* and *Sesarma smithii*. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.**, v. 171, p. 165-186, 1993a.
- MICHELI, F. Effect of mangrove litter species and availability on survival, moulting, and reproduction of the mangrove crab *Sesarma messa*. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.**, v. 171, p. 149-163, 1993b.
- MICHELI, F.; GHERARDI, F.; VANNINI, M. Feeding and burrowing ecology of two East African mangrove crabs. **Mar. Biol.**, v. 111, p. 247-254, 1991.
- NASCIMENTO, S.A. Biologia do caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*). Aracajú: ADEMA (Administração Estadual do Meio Ambiente), 1993. p.13-45. OSTRENSKY *et al.* (1995).
- PETERSON, C.H.; RENAUD, P.E. Analysis of feeding preference experiments. **Oecologia**, vol 80, n. 1, p. 82-86, 1989.
- PILLAR, V. D. Multiv: Multivariate Exploratory Analysis, Randomization Testing and Bootstrap Resampling. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. <http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br>. 2004.
- PINHEIRO, M.A.A.; FISCARELLI, A.G.; HATTORI, G.Y. Growth of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Brachyura: Ocypodidae) at Iguape, SP, Brazil. **J. Crust. Biol.**, EUA, v. 25, n. 2, p. 293-301. 2005.

- PODANI, J. Introduction to the Exploration of Multivariate Biological Data. Backhuys Publishers, Leiden. 2000.
- SKOV, M.W.; HARTNOLL, R.G. Paradoxical selective feeding on a low-nutrient diet: why do mangrove crabs eat leaves? **Oecologia**, v. 131, p. 1-7, 2002.
- SLIM, F.J.; HEMMINGA, M.A.; OCHIENG, C.; JANNINK, N.T.; MORINIÈRE, E.C.; VELDE, G. Leaf litter removal by the snail *Terebralia palustris* (Linnaeus) and sesarmid crabs in an East African mangrove forest (Gazi Bay, Kenya). **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** v. 215, p. 35-48, 1997.
- SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. **Biometry**, Freeman, New York, 1995, 887 p.
- TWILLEY, R.R.; POZO, M.; GARCIA, V.H.; RIVERA-MONROY, V.H.; ZAMBRANO, R.; BODERO, A. Litter dynamics in riverine mangrove forests in the Guayas River estuary, Ecuador. **Oecologia**, v. 111, n. 1, p. 109-122, 1997.
- WERRY, J.; LEE, S.Y. Grapsid crabs mediate link between mangrove litter production and estuarine planktonic food chains. **Mar. Ecol. Prog. Ser.**, v. 293, p. 165-176, 2005.
- ZAR, J.H. **Biostatistical Analysis**. 4. ed. Edition, New Jersey: Prentice Hall, 1999, 663p.

CAPÍTULO 6 – IMPLICAÇÕES

O conhecimento sobre a ecologia trófica dos caranguejos de manguezal ainda é incipiente e, embora os padrões gerais, a exemplo da herbivoria, sejam descritos para várias espécies, não é possível um entendimento holístico dos processos naturais relacionados à alimentação e obtenção de nutrientes. Os resultados do presente estudo demonstram que o hábito alimentar pode influenciar o crescimento e desenvolvimento do caranguejo-uçá, além dos fatores ambientais aos quais estão sujeitos.

De modo geral, os resultados apresentados na presente tese possibilitam indicar precauções que devem ser tomadas em estudos futuros sobre a ecologia de manguezais, bem como sobre aspectos biológicos e de cultivo do caranguejo-uçá. No âmbito ecológico, *U. cordatus* apresentou forte influência sobre a reciclagem de nutrientes em áreas de manguezal, corroborando os resultados de KOCH (1999). Os animais desta espécie apresentaram elevada frequência alimentar e intenso processo de forrageamento, carregando as folhas indiscriminadamente para o interior das galerias. Além disso, a exemplo de outras espécies de manguezal, o caranguejo-uçá seleciona o alimento em função de sua composição química, principalmente quanto aos macronutrientes, promovendo expressivo impacto sobre a serrapilheira, e permitindo a manutenção dos nutrientes no interior dos bosques, como sugerido por ALONGI (1997).

Como nos manguezais a composição química foliar das espécies arbóreas apresentou grande variação, muitos bosques são monoespecíficos, e a composição da serrapilheira tem relação direta com a dominância vegetal, a disponibilidade de nutrientes para reciclagem foi limitada pela abundância e composição da biomassa disponível ao processo de decomposição.

A área em estudo encontra-se em uma região de baixo hidrodinamismo, por ser protegida das correntes marinhas pela Ilha Comprida. Sendo assim, esta área apresenta reduzida exportação de nutrientes pelas marés e os processos ecológicos ficam mais restritos. Observou-se uma grande variação espacial em relação à composição/abundância de serrapilheira, bem como na quantidade de nutrientes disponíveis no sedimento (CHRISTOFOLETTI & PINHEIRO, em preparação). No

entanto, esta variação foi obtida em micro-escala, considerando-se que as três áreas distam a poucos quilômetros entre si. Desta forma, algumas precauções são necessárias em estudos realizados em áreas de manguezal, uma vez que, as condições ambientais e geomorfológicas podem influenciar os processos biológicos de forma intensa e diferenciada em regiões muito próximas.

A contribuição do processo alimentar do caranguejo-uçá na formação dos detritos pela fragmentação da matéria vegetal foi confirmada pela elevada quantidade de fragmentos foliares em seu conteúdo estomacal. No entanto, a grande quantidade de matéria orgânica dissolvida, combinada ao maior grau de engorda dos animais em uma das áreas caracterizada por maior riqueza de nutrientes edáficos, são indícios de que esta espécie se utilize dos minerais disponíveis no sedimento como uma fonte de alimento. Neste sentido, estudos sobre os processos fisiológicos de digestão da matéria vegetal por *U. cordatus*, a descrição da morfologia de seus apêndices bucais, e a caracterização isotópica das fontes de alimento e dos tecidos do animal, poderão trazer respostas importantes e complementares ao entendimento do processo alimentar desta espécie.

Os animais nas áreas estudadas apresentaram diferenças quanto ao tamanho médio (HATTORI, com. pess.) e grau de engorda. Esta distinção entre áreas adjacentes pode estar relacionada ao hábito migratório da espécie, tendo sido encontradas regiões próprias ao assentamento larval e desenvolvimento juvenil, bem como indícios de migração para as áreas mais ricas em nutrientes. No entanto, a variação na disponibilidade e qualidade nutricional do alimento nestas áreas também indica que os animais podem estar sofrendo um crescimento diferencial, de acordo com a alimentação a que estão submetidos.

Algumas questões necessitam ser respondidas para um melhor entendimento desta dinâmica. Os animais estão expostos a uma série de fatores sejam eles abióticos ou bióticos (p. ex., predação e competição), que regem os processos de distribuição espacial da espécie. Em relação ao processo alimentar, se algumas áreas apresentam escassez de recursos alimentares e baixo valor nutricional, com influência direta no desenvolvimento dos animais, a questão que ainda merece resposta é o motivo da

maior densidade de indivíduos neste ambiente (HATTORI, com pess.), em comparação aos demais que possuem alimento em abundância. Neste sentido, estudos em andamento que relacionam a densidade de *U. cordatus* e os parâmetros ambientais, poderão auxiliar no entendimento daqueles de principal importância sobre as populações naturais. Além disso, estudos que venham confirmar a existência de migração entre os bosques de manguezal em função da maturidade dos animais, tornam-se importantes para a compreensão destes fatores.

O comportamento de algumas espécies de ocipodídeos pode afetar a densidade dos animais, principalmente na presença de indivíduos de maior porte (geralmente machos adultos), considerados mais territorialistas que os exemplares jovens (TAKAHASHI *et al.*, 2001; JAROENSUTASINEE & TANTICHODOK, 2003). Estes por sua vez, são mais tolerantes à competição por recursos alimentares, permitindo a escavação de galerias próximas, o que já não ocorre com os exemplares adultos, segundo GENONI (1991). Portanto, ainda são necessários estudos etológicos que abordem o territorialismo destes animais, uma vez que os indivíduos de áreas com maior disponibilidade de alimento podem apresentar maior territorialidade, influenciando sobremaneira a densidade populacional.

O caranguejo-uçá é utilizado como fonte de renda para muitas populações tradicionais, fazendo com que os indivíduos maiores sejam sujeitos a uma maior pressão pesqueira, uma vez que possuem maior valor comercial. A preferência dos “catadores-de-caranguejo” por bosques com indivíduos de maior porte foi observada em campo, sendo confirmada em conversas durante a captura. Assim, os animais das áreas de maior produtividade podem estar sendo capturados com maior frequência, no entanto, por apresentarem otimização do crescimento e engorda pelos processos alimentares, seus estoques estariam sendo repostos mais rapidamente.

Os resultados obtidos no presente estudo, complementados por outros de relevância ao conhecimento dos aspectos populacionais, contribuem para o plano de manejo desta espécie em campo, possibilitando a determinação de áreas com potencial de extração, caracterizadas por exemplares com maior taxa de crescimento e engorda. Por outro lado, a dinâmica alimentar e sua influência no desenvolvimento deste

caranguejo indicam que estudos mais detalhados sobre sua alimentação favoreceriam a produção dos animais em cativeiro, com diminuição do tempo necessário para atingir o tamanho comercial. Neste sentido, estudos sobre os processos digestivos e de absorção do alimento seriam primordiais, bem como sua influência no metabolismo dos animais, de forma a otimizar o custo/benefício do alimento oferecido. O cultivo sustentável para espécies de interesse econômico podem preservar os estoques pesqueiros naturais, minimizando o impacto dos processos ecológicos advindos da extração contínua, particularmente do caranguejo-uçá, que é um componente essencial ao ciclo de nutrientes em manguezais.

O cultivo de espécies em cativeiro requer estudos cuidadosos sobre o impacto ecológico, financeiro e cultural sobre as populações tradicionais. A criação desordenada de recursos pesqueiros pode causar forte impacto em áreas adjacentes ao cultivo, a exemplo das fazendas de cultivo de camarão implantadas em áreas de manguezal no norte e nordeste brasileiro. Da mesma forma, a captura dos caranguejos no ambiente natural e sua comercialização são processos tradicionais e culturais das comunidades litorâneas, sendo necessários estudos sócio-econômicos que visem a minimização do impacto econômico-cultural sobre as mesmas.

Os resultados obtidos no presente estudo também indicam a necessidade de cuidados com o delineamento experimental em experimentos de preferência alimentar. Os objetivos deste estudo, visando o conhecimento dos fatores que exercem maior influência sobre a seleção de alimentos, requerem que o animal esteja em jejum para que não haja influência do estado alimentar sobre o experimento. No entanto, os resultados revelaram que os animais podem apresentar, num primeiro momento, uma maior utilização do alimento oferecido para saciar as necessidades nutricionais relacionadas ao jejum, sendo que, posteriormente, iniciam o processo seletivo de alimento por sua composição química. Desta forma, sugere-se que experimentos similares sejam desenvolvidos no mínimo por 72 horas para a obtenção de resultados mais seguros quanto a preferência alimentar.

A partir de nossa hipótese inicial, a presente tese revelou que a composição e abundância da serrapilheira pode influenciar diretamente os processos biológicos do

caranguejo-uçá, através de processos alimentares. No entanto, muitos estudos podem auxiliar de forma direta a compreensão da ecologia trófica deste caranguejo e sua relação com os processos ecológicos naturais, bem como fornecendo subsídios ao cultivo da espécie, dentre eles:

- a quantificação da produção vegetal nas áreas de manguezal, bem como a influência da maré na exportação dos detritos, permitindo o conhecimento completo entre a quantidade produzida no ambiente, aquela trazida e/ou exportada pelas águas, e a consumida pela fauna local;

- a determinação da variação na composição química da serrapilheira em função do processo de decomposição foliar;

- a influência do processo alimentar na formação de detritos, fornecendo alimento às espécies detritívoras, bem como os processos de bioturbação e sua influência sobre a meiofauna;

- a descrição da morfologia dos apêndices bucais e dos dentes gástricos de *U. cordatus*, permitindo um maior conhecimento sobre o processo de tomada e trituração do alimento;

- o conhecimento dos processos digestórios desta espécie, principalmente em relação à capacidade de digestão de fibras, como celulose, hemicelulose e lignina; e a absorção de nutrientes pelos animais;

- o estudo experimental da influência da alimentação sobre a taxa de crescimento dos indivíduos.

Referências

ALONGI, D. M. **Coastal ecosystem processes**. London: CRC Press, 1997. 419 p.

CHRISTOFOLETTI, R.A.; PINHEIRO, M.A.A. Composição dos macro e micro nutrientes edáficos em bosques de manguezal da região de Iguape (SP). (em preparação).

- GENONI, G.P. Increased burrowing by fiddler crabs *Uca rapax* (Smith) (Decapoda: Ocypodidae) in response to low food supply. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** v.147, p. 267-285, 1991.
- JAROENSUTASINEE, M. & TANTICHODOK, P. Effects of size and residency on fighting outcomes in the fiddler crab, *Uca vocans hesperiae* (Decapoda, Brachyura, Ocypodidae). *Crustaceana*, v. 75, n. 9, p. 1107-1117. 2003.
- KOCH, V. **Epibenthic production and energy flow in the Caeté mangrove estuary, North Brazil.** 1999. 97 f. Tese (Doutorado). Center for Tropical Marine Ecology, University Bremen.
- TAKAHASHI, M.; SUZUKI, N. & KOGA, T. Burrow defense behaviors in a sand-bubbler crab, *Scopimera globosa*, in relation to body size and prior residence. **Journal of Ethology**, v. 19, p. 93-96. 2001.