UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA AQUÁTICA E PESCA

DÉBORAH ELENA GALVÃO MARTINS

DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DA PESCA INDUSTRIAL DE CAMARÃO-ROSA *Farfantepenaeus subtilis* NA PLATAFORMA CONTINENTAL DO AMAZONAS

BELÉM
2011

DÉBORAH ELENA GALVÃO MARTINS

DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DA PESCA INDUSTRIAL DE CAMARÃO-ROSA *Farfantepenaeus subtilis* NA PLATAFORMA CONTINENTAL DO AMAZONAS

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ecologia Aquática e Pesca, Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca, Universidade Federal do Pará.
Área de concentração: Recursos Pesqueiros da Amazônia
Orientador: Dr. Maurício Camargo Zorro
Co-orientador: Dr. Pedro Walfir M. Souza Filho

BELÉM
2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA AQUÁTICA E PESCA

Déborah Elena Galvão Martins

DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DA PESCA INDUSTRIAL DE CAMARÃO-ROSA *Farfantepenaeus subtilis* NA PLATAFORMA CONTINENTAL DO AMAZONAS

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ecologia Aquática e Pesca. Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca, Universidade Federal do Pará.
Área de Concentração: Recursos Pesqueiros da Amazônia
Defendida e Aprovada em: 18/05/2011
Conceito: Excelente

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Maurício Camargo Zorro (Orientador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA)

Prof. Dr. Pedro Walfir M. Souza Filho (Co-Orientador)
Universidade Federal do Pará (UFPA)
Co-Orientador

Prof. Dr. Fernando Araújo Abrunhosa
Universidade Federal do Pará (UFPA)

Prof. Dr. Israel Hidenburgo Aniceto Cintra
Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)

Prof. Dra. Jussara Moretto Martinelli
Universidade Federal do Pará (UFPA)

BELÉM
2011

À minha família

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca (PPGEAP) da Universidade Federal do Pará (UFPA).

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de estudos.

Ao Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Norte (Cepnor).

Aos meus orientadores, Professores Maurício Camargo Zorro e Pedro Walfir Sousa Filho, pelas sugestões, críticas e atenção dispensada durante a elaboração da dissertação.

Aos Professores Kátia Silva, Israel Cintra e Rosália Sousa, por todo o apoio.

À equipe do Laboratório de Análise de Imagens do Trópico Úmido (LAIT), em especial Paulo José e Helenice Silva, por todo o suporte durante a realização do trabalho.

À equipe do Grupo de Estudos e Pesquisas Estatísticas e Computacionais (GEPEC), em especial ao Professor Edson Ramos e seus alunos Wagner Rogério e Priscila Alcântara, pelas sugestões de análise estatística.

Aos membros da banca examinadora, pelos valiosos comentários.

À minha família, por todo o apoio e compreensão.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, com sugestões, críticas ou amizade.

A Deus, por ter colocado tantas pessoas importantes para a finalização dessa dissertação em meu caminho.

"Mapping the fishery and the resource should be among the priority tasks when planning for fisheries management"

Caddy and Garcia

RESUMO

O conhecimento da distribuição espacial dos recursos pesqueiros é um fator essencial no ordenamento pesqueiro. O camarão-rosa *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1967) é uma espécie de importância econômica, capturado pela pesca industrial na Plataforma Continental do Amazonas. Este estudo teve como objetivo avaliar padrões espaço-temporais da abundância relativa desse recurso a partir de uma série de capturas realizadas por barcos da frota industrial, espacializadas com o uso de ferramentas de sistema de informações geográficas. A abundância relativa de camarão-rosa (CPUE) foi relacionada à batimetria, às características do substrato, à vazão do rio Amazonas e às variáveis oceanográficas obtidas por sensoriamento: temperatura da superfície do mar e concentração de clorofila-*a*. Entre as categorias de tipo de substrato, observou-se maior intensidade de arrastos na região de lama mosqueada. Nessa região, características como tipo de substrato (lama), relevo submarino, taxa de sedimentação (<1 $cm.ano^{-1}$), e salinidade (>30) constituem o habitat ideal para o camarão-rosa. Maiores valores de CPUE estiveram associados a menores temperaturas e a maiores valores de concentração de clorofila-*a*, características que ocorrem no período de maior vazão do rio Amazonas, no primeiro semestre. Foi observada a ocorrência de três períodos com diferentes níveis de produção: fevereiro a abril (maior vazão), com maior abundância relativa de camarão-rosa; maio a julho; e agosto a setembro (menor vazão), com menor abundância. Os resultados mostraram que a abundância relativa de *F. subtilis* não se distribui de modo uniforme no espaço nem na variação sazonal.

Palavras-chave: *Farfantepenaeus subtilis*, Plataforma Continental do Amazonas, pesca de camarão-rosa, sistema de informação geográfica, sensoriamento remoto.

ABSTRACT

Knowledge of spatial distribution of fishing resources is essential to fisheries management. The southern brown shrimp *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1967) is an industrial fishing fleet target on the Amazon Continental Shelf. This study aimed to evaluate *F. subtilis* relative abundance spatial-temporal patterns from commercial fishery data, using Geographic Information System tools. Catch per unit effort (CPUE), used as index of relative abundance, was related to bathymetry, substrate characteristics, Amazon river flow and the oceanographic variables obtained by remote sensing: sea surface temperature and chlorophyll-*a* concentration. Analyzing substrate characteristics, the commercial shrimp trawls were concentrated at the mottled mud region, where the overlap of environmental factors was crucial for a higher incidence of *F. subtilis*. In this region, features such as substrate (mud), sedimentation rate (<1 $cm.yr^{-1}$) and salinity (> 30) are the ideal habitat for *F. subtilis*. Higher CPUE values were associated with lower temperatures and higher values of chlorophyll-*a* concentration, which occur at the greatest flow of the Amazon river, during the first six months of the year. It was observed the occurrence of three periods with different levels of production along the year: from February to April, with higher CPUE of southern brown shrimp, from May to July, and August to September, with lower CPUE. The results showed that relative abundance of *F. subtilis* is not distributed uniformly in space nor in seasonal variation.

Keywords: *Farfantepenaeus subtilis*, Amazon Continental Shelf, Southern brown shrimp fishery, geographical information system, remote sensing.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I - APRESENTAÇÃO **12**

1. INTRODUÇÃO **12**

1.1. HISTÓRICO E CARACTERIZAÇÃO DA PESCA INDUSTRIAL DE CAMARÃO-ROSA NA COSTA NORTE DO BRASIL 13

1.2. UMA PERSPECTIVA ESPACIAL: SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E APLICAÇÃO À PESCA 17

2. HIPÓTESES **20**

3. OBJETIVOS **20**

3.1. OBJETIVO GERAL 20

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 20

CAPÍTULO II - ANÁLISE ESPACIAL DA PESCA INDUSTRIAL DE CAMARÃO-ROSA *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1967) NA PLATAFORMA CONTINENTAL DO AMAZONAS **21**

1. INTRODUÇÃO **21**

2. METODOLOGIA **22**

2.1. ÁREA DE ESTUDO 22

2.2. FONTE DE DADOS 23

2.2.1. Pesca do camarão-rosa **23**

2.2.2. Batimetria e tipo de substrato **24**

2.2.3. Depósitos sedimentares **25**

2.2.4. Salinidade **26**

2.3. ANÁLISE DOS DADOS 26

2.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA 27

3. RESULTADOS **27**

3.1. DISTRIBUIÇÃO DA CPUE EM RELAÇÃO À BATIMETRIA 28

3.2. DISTRIBUIÇÃO DA CPUE EM RELAÇÃO AO SUBSTRATO E SALINIDADE DE FUNDO 29

4. DISCUSSÃO **31**

5. CONCLUSÃO **34**

CAPÍTULO III - EFEITO DA DINÂMICA HIDROLÓGICA E OCEANOGRÁFICA NAS CAPTURAS DA FROTA INDUSTRIAL DE *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1967) NA PLATAFORMA CONTINENTAL DO AMAZONAS **35**

1. INTRODUÇÃO **35**

2. METODOLOGIA **36**

2.1. ÁREA DE ESTUDO 36

2.2. ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL 36

2.2.1. Pesca do camarão-rosa **37**

2.2.2. Vazão do rio Amazonas **37**

2.2.3. Variáveis obtidas por sensoriamento remoto **37**

2.3. ANÁLISE DE DADOS 39

2.3.1. Abundância relativa de camarão-rosa e parâmetros ambientais **39**

2.3.2. Variação temporal da abundância relativa de camarão-rosa **40**

3. RESULTADOS **41**

3.1. ABUNDÂNCIA RELATIVA DE CAMARÃO-ROSA E VARIÁVEIS AMBIENTAIS 41

3.2. VARIAÇÃO TEMPORAL DA ABUNDÂNCIA RELATIVA DE CAMARÃO-ROSA 44

4. DISCUSSÃO **47**

5. CONCLUSÃO **49**

CONSIDERAÇÕES FINAIS **50**

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS **52**

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Representação esquemática de uma embarcação camaroneira (modificado de Fischer e Haimovici, 2007). 15

Figura 1.2. Área de atuação da frota de pesca industrial do camarão-rosa na costa norte do Brasil (modificado de Aragão et al., 2001). 16

Figura 2.1. Plataforma Continental do Amazonas, com representação das áreas do Amazonas e Litoral do Amapá. 23

Figura 2.2. Radiografias de perfis de sedimentos das regiões de lama e areia interestratificada (34cm) (A), lama pouco laminada (28cm) (B) e lama mosqueada (33cm) (C), obtidas por Nittrouer et al. (1986).....25

Figura 2.3. Plataforma Continental do Amazonas, com representação dos blocos de pesca.....26

Figura 2.4. Número de arrastos por bloco de pesca (A) e Distribuição espacial da CPUE, com destaque para os locais de pesca de camarão-rosa com maiores valores de CPUE (B).....28

Figura 2.5. CPUE ($kg.h^{-1}$) do camarão-rosa por estrato de profundidade no Amazonas (A) e no Litoral do Amapá (B) (EP: erro padrão). 29

Figura 2.6. Relação entre CPUE e profundidade no Amazonas (A) e no Litoral do Amapá (B). 29

Figura 2.7. Distribuição espacial da CPUE ($kg.h^{-1}$) em relação às características ambientais: batimetria (A) (cartas náuticas; IOC; IHO; BODC, 2003); estrutura sedimentar (B) (adaptação de NITTROUER et al., 1986); taxa de sedimentação (C) (KUEHL; DeMASTER; NITTROUER, 1986); salinidade de fundo (D) (LENTZ; LIMEBURNER, 1995).....31

Figura 2.8. Representação esquemática da Plataforma Continental do Amazonas, características ambientais e distribuição do camarão-rosa. 33

Figura 3.1. Grade regular de pontos de TSM, a distância entre os pontos é de 4 km e cada um representa uma medida obtida pelo sensor.....38

Figura 3.2. Intervalos de classe das variáveis CPUE, TSM e concentração de clorofila-*a*.....39

Figura 3.3. Vazão diária do rio Amazonas, medida na estação de Óbidos, e vazão do rio Amazonas somada à vazão de seus principais afluentes, os rios Tapajós e Xingu (FONTE: ANA). As colunas representam a média diária de CPUE.....41

Figura 3.4. Gráfico perceptual da análise de correspondência para as variáveis CPUE e TSM (A) e CPUE e concentração de clorofila-*a* (B).....43

Figura 3.5. Gráfico perceptual da análise de correspondência para as variáveis CPUE e vazão. 44

Figura 3.6. Gráfico perceptual da análise de correspondência para as variáveis CPUE e meses. 45

Figura 3.7. Localização dos pontos de pesca e interpolação dos dados de TSM. 46

Figura 3.8. Localização dos pontos de pesca e interpolação dos dados de concentração de clorofila-*a*. 47

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Número de arrastos acompanhados a bordo de embarcações da pesca industrial de camarão-rosa, na Plataforma Continental do Amazonas entre 2000 e 2004. 24

Tabela 2.2. Número de arrastos (%) e CPUE ($kg.h^{-1}$) de camarão-rosa na Plataforma Continental do Amazonas de acordo com as faixas batimétricas estabelecidas por Nittrouer et al. (1986). 28

Tabela 2.3. Número de arrastos (%) e CPUE ($kg.h^{-1}$) de camarão-rosa na plataforma do Amazonas por faixas de estrutura sedimentar, definidas por Kuehl, Nittrouer e DeMaster (1982, 1986). 30

Tabela 3.1. Resultado dos testes χ^2 e critério β para as variáveis TSM, concentração de clorofila-*a* (CHLO), e mês em relação à CPUE de camarão na Plataforma Continental do Amazonas. 42

Tabela 3.2. Resíduos e nível de confiança (%) resultantes da aplicação de análise de correspondência às variáveis CPUE ($kg.h^{-1}$) e TSM (°C). 42

Tabela 3.3. Resíduos e nível de confiança (%) resultantes da aplicação da análise de correspondência entre as variáveis CPUE ($kg.h^{-1}$) e concentração de clorofila-*a* ($mg.m^{-3}$). 43

Tabela 3.4. Resíduos e nível de confiança (%) resultantes da aplicação da análise de correspondência entre as variáveis CPUE ($kg.h^{-1}$) e vazão ($m^3.s^{-1}$).....44

Tabela 3.5. Resíduos e nível de confiança (%) resultantes da análise de correspondência entre as variáveis CPUE e mês. 45

CAPÍTULO I

APRESENTAÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Desde a antiguidade, a pesca tem sido uma importante fonte de alimentos, além de gerar empregos e benefícios econômicos aos envolvidos na atividade. Por muito tempo, acreditou-se que os recursos pesqueiros eram ilimitados e poderiam ser indefinidamente explorados. Entretanto, com a ampliação do conhecimento e o desenvolvimento da pesca, compreendeu-se que os recursos pesqueiros, apesar de renováveis, não são infinitos e precisam ser adequadamente administrados, visando seu uso sustentável (FAO, 1995).

O ordenamento e a gestão de recursos pesqueiros apresentam diversos componentes com dimensão espacial, compondo questões de alta complexidade que precisam ser avaliadas pelos gestores dos recursos. Essas questões podem ser esclarecidas com a utilização da tecnologia de sistema de informação geográfica (SIG), gerando soluções a partir do tratamento simultâneo dos diversos componentes espaciais da pesca (GRAAF et al., 2003).

Os sistemas de informação geográfica constituem uma ferramenta poderosa capaz de organizar, analisar e exibir espacialmente dados, que oferece vantagens em relação às abordagens tradicionais devido à velocidade e precisão com que extensos bancos de dados podem ser analisados (ISAAK; HUBERT, 1997). Ao longo das últimas décadas, SIGs pesqueiros têm evoluído de simples ferramentas de visualização para um complexo de ferramentas de integração e análise de dados (MEADEN; CHI, 1996).

Além de ferramenta para a gestão de recursos pesqueiros, sistemas de informação geográfica podem subsidiar uma melhor compreensão das relações entre a abundância dos recursos aquáticos e as condições ambientais em que vivem, contribuindo para um aproveitamento racional do esforço de pesca pela indústria pesqueira (ZAGAGLIA; HAZIN, 2008).

Sousa (2007) desenvolveu um SIG aplicado à pesca da piramutaba *Brachyplatystoma vaillantii* (Valenciennes, 1840) e afirma que, na costa norte do

Brasil, essa ferramenta pode ser utilizada na comprovação de fenômenos naturais, na verificação da atuação da frota pesqueira e no suporte ao ordenamento e fiscalização de recursos explorados na região, como o camarão-rosa.

A costa norte do Brasil é parte de um dos mais importantes bancos camaroneiros do mundo, o qual se estende desde a foz do rio Parnaíba, no Piauí, até o delta do Orinoco, na Venezuela. Entre as espécies explotadas, destaca-se o camarão-rosa *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1967) alvo da pesca artesanal e da pesca industrial (ISAAC; DIAS-NETO; DAMASCENO, 1992).

Anualmente, aproximadamente 3,4 milhões de toneladas de camarão são capturadas em todo mundo, tornando esse recurso, em termos de valor, a mais importante *commodity* pesqueira comercializada internacionalmente, correspondendo a 17% do comércio de produtos pesqueiros, com o mercado concentrado nos Estados Unidos, Japão e Europa (GILLETT, 2008; FAO, 2009). Em muitos países, é o mais valorizado produto pesqueiro de exportação (GILLETT, 2008); no Brasil, em 2007, os camarões congelados foram o segundo produto pesqueiro mais exportado, com 17.217 t, o equivalente a US$ 74,9 milhões (IBAMA, 2008).

A explotação de camarões da família Penaeidae é uma atividade altamente difundida nas regiões tropicais e subtropicais do mundo (ISAAC; DIAS-NETO; DAMASCENO, 1992). A pesca de camarões na costa norte do Brasil é uma atividade de importância no cenário pesqueiro regional e nacional, sendo eminente geradora de divisas (ARAGÃO et al., 2001).

Assim, este trabalho propõe a aplicação de um sistema de informação geográfica à pesca industrial do camarão-rosa na costa norte do Brasil, relacionando parâmetros ambientais, produção e esforço de pesca em um banco de dados georreferenciado, permitindo a visualização e análise de padrões espaciais e temporais da abundância desse recurso.

1.1. HISTÓRICO E CARACTERIZAÇÃO DA PESCA INDUSTRIAL DE CAMARÃO-ROSA NA COSTA NORTE DO BRASIL

A explotação de camarões costeiros da família Penaeidae na zona intertropical é uma atividade antiga. Os camarões já eram tradicionalmente explotados pela pesca artesanal de diversos países quando, a partir da década de

1950, o desenvolvimento de uma pesca industrial especializada proporcionou um aumento da explotação desse recurso. Após alcançar sucesso no golfo do México, a pesca industrial se expandiu rapidamente à América do Sul, África e Oceania (GARCÍA; LE RESTE, 1986).

A pesca industrial de camarões na costa nordeste da América do Sul iniciou-se no final da década de 1950, a partir dos resultados de cruzeiros de pesca exploratória conduzidos nas décadas de 1940 e 50, que apontaram o potencial da região para a pesca de camarões (DRAGOVICH, 1981).

Uma combinação de fatores contribuiu para a expansão da pesca de camarões na região denominada "área de pesca Brasil-Guianas": ausência de temporadas de restrição à pesca, a inexistência de restrições territoriais, a utilização de robustos arrasteiros, combustível abundante e de baixo preço, condições de mercado favoráveis, pescadores ambiciosos e qualificados, e cooperação dos governos locais (DRAGOVICH, 1981).

Essa área passou a ser frequentada por uma frota internacional que cresceu rapidamente, atingindo 645 embarcações em 1977. Atuavam na área: Estados Unidos, Guianas, Trinidad, Brasil, Barbados, Japão, Venezuela e Cuba (DRAGOVICH, 1981).

A pesca industrial de camarão-rosa, com frota baseada em Belém, teve início no ano de 1969, objetivando a exportação de caudas congeladas (PAIVA, 1997). Entretanto, o pequeno número de embarcações (apenas cinco), enfrentando a forte concorrência da frota estrangeira na costa dos estados do Pará e Amapá, buscou outros locais de pesca, o que resultou na descoberta da área de Tutóia, no Maranhão (DIAS-NETO, 2003). Posteriormente, os camaroneiros passaram a ter base nos portos de Macapá e Parnaíba (PAIVA, 1997).

A partir de 1972, o Brasil passou a restringir o número de licenças, áreas e estações de pesca, condicionando a pesca em seu território ao estabelecimento de acordos de pesca com os países interessados em explorar a região (DRAGOVICH, 1981). Entretanto, somente a partir de 1978, o Brasil passou a explorar seu território com exclusividade, após o encerramento dos acordos que permitiam a atuação de frotas de outros países (DIAS-NETO, 2003).

As embarcações industriais utilizadas na área possuem, em geral, casco de aço, comprimento total médio de 22 metros, e potência do motor entre 365 e 425 HP, operando no sistema *double-rig* (Figura 1.1); possuem sistema de congelamento

a bordo, instrumentos de navegação por satélites, ecossonda e rádio de comunicação. Realizam, geralmente, 4 arrastos diários, com duração de 5 a 6 horas, durante o período de maior produtividade; e 2 arrastos noturnos, de duração um pouco maior, na entresafra (ARAGÃO; SILVA, 1999; ARAGÃO et al., 2001). A tripulação é composta por 5 homens: mestre, motorista, contra-mestre, pescador e cozinheiro (IDESP, 1989).

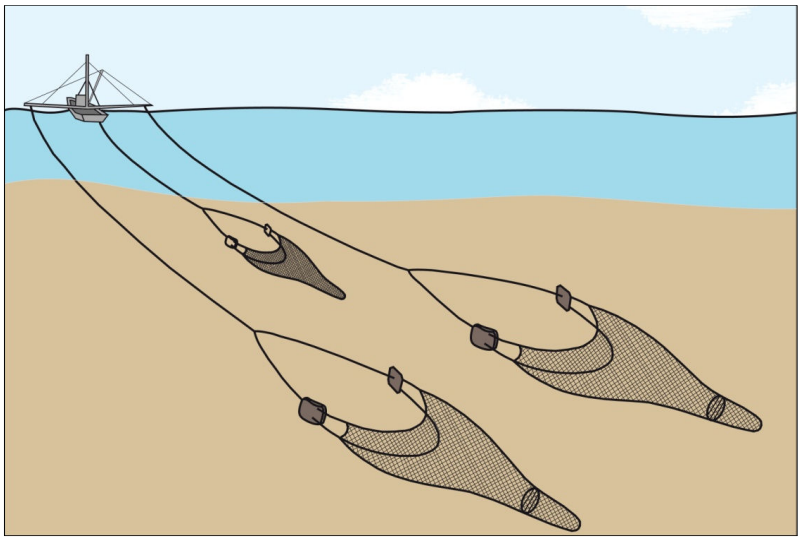

Figura 1.1. Representação esquemática de uma embarcação camaroneira (modificado de Fischer e Haimovici, 2007).

As capturas industriais de camarão-rosa são compostas basicamente de *Farfantepenaeus subtilis*, com uma pequena ocorrência de *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). Nos anos de 1996 a 1999, a participação relativa de *F. subtilis* chegou a representar 99% dos desembarques de camarão-rosa (ARAGÃO et al., 2001).

Studart-Gomes (1988) caracteriza três áreas de atuação da frota industrial de pesca do camarão-rosa na costa norte do Brasil, das quais duas são descritas a seguir, por localizarem-se na Plataforma Continental do Amazonas (Figura 1.2):

a) Norte ou Litoral do Amapá: situada entre as latitudes de 04°23'N e 02°39'N, é caracterizada pela presença de bancos e os chamados "buracos", verdadeiras formações de *canyons*, em grande quantidade, em formato de meia-lua; a profundidade é superior a 60 m; as correntezas são bastante acentuadas, variando de 0,8 a 4,5 nós. É necessário um contínuo controle de direção de arrasto e posicionamento em relação ao relevo e tipo do fundo, o que, consequentemente, aumenta o custo operacional. Em contrapartida, é uma região que oferece camarão de maior tamanho e rendimentos elevados. Seus principais pesqueiros são: Buraco

Lula (50 braças), Buraco de Mero (Buraco de Peixe) (40 braças), Adelagoli (Gallery), Buraco de Dinheiro, Longoli (Long Gallery), Buraco de Areia, Duas Cabeças, Bigoli (Big Gallery), Buraco de Lama, Comprido Maracanã, Buraco de Pedra, Vê pequeno, Vê Grande, Buraco do Doido, Pirapema, Buraco do Galo, Espadarte, Pequeno México, Arraia, Barbeiro, Beiradão e Cabo Orange.

b) Amazonas: situada entre as latitudes de 00°50'N e 02°39'N, sob a influência direta da descarga do rio Amazonas. Os pesqueiros dessa área têm fundos de substrato variável (lama, areia e pedra) ou são bancos de fundo liso e ondulado, chamados de pula-pula, com 40 a 60 metros de profundidade, onde são capturados camarões de tamanho médio e pequeno. Os arrastos são realizados durante o dia e a noite, com duração de 2 a 6 horas. Seus principais pesqueiros, denominados de acordo com o tipo de fundo ou fauna acompanhante, são: Bico de Papagaio, Pedreiras, Norte das Pedras, Sul das Pedras, Poço do Japonês, Banco do Manezinho, Aranhas e Lixeira. Este último sempre com capturas de camarões pequenos e é muito explorado por camaroneiros de Belém.

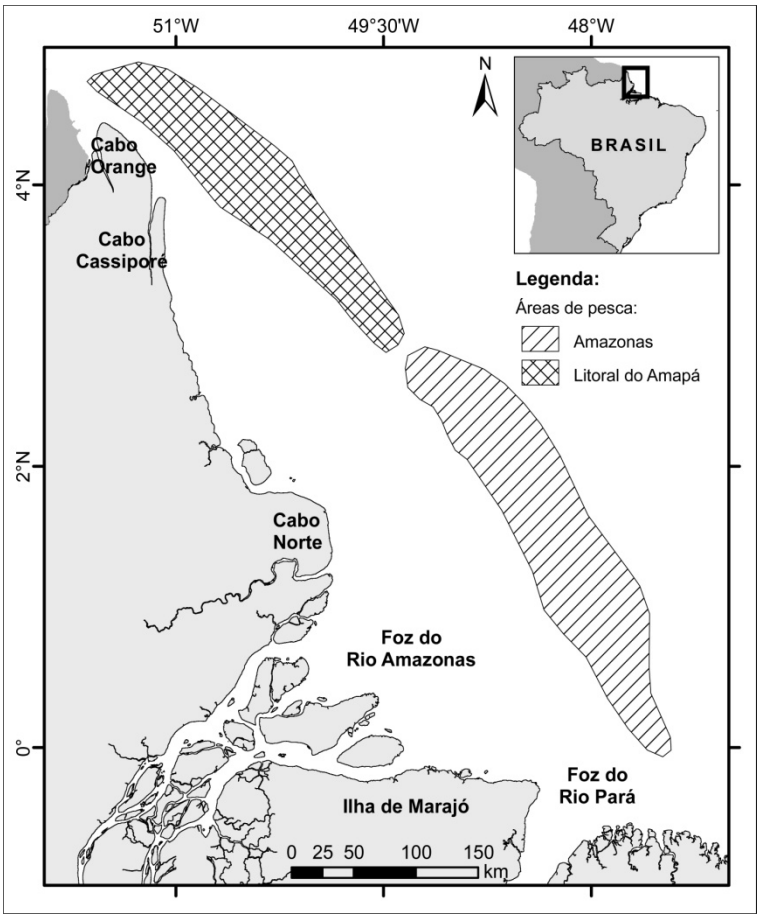

Figura 1.2. Área de atuação da frota de pesca industrial do camarão-rosa na costa norte do Brasil (modificado de Aragão et al., 2001).

Isaac e Braga (1999), a partir de entrevistas realizadas com diversos envolvidos na atividade, afirmam que a produção mensal das pescarias de camarão segue uma dinâmica sazonal correlacionada com o ciclo de chuvas. Os autores afirmam ainda que se a produção anual de um barco de pesca típico se mantém em torno de 40 toneladas de camarão, a produção de cada viagem diminui ao longo do ano da seguinte forma: 11 t, 10 t, 8 t, 7 t e 5 t.

Atualmente, a pesca do camarão-rosa na costa norte do Brasil é regulamentada por diversos instrumentos legais, os quais determinam:

- Limitação da frota de arrasto que opera na captura de camarão-rosa em cento e oitenta e cinco embarcações (IN MMA nº 7, de 10.07.2002);
- Proibição do exercício da pesca de arrasto com tração motorizada para a captura de camarões na área compreendida entre a fronteira da Guiana Francesa com o Brasil e a divisa dos Estados do Piauí e Ceará, anualmente, no período de 15 de outubro a 15 de fevereiro (IN MMA nº 9, de 14.09.2004);
- Preenchimento e entrega de mapas de bordo (IN SEAP/MMA, nº 26, de 19.07.2005);
- Adesão ao Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite (PREPS), com o equipamento de rastreamento instalado, em funcionamento e enviando posições ao Sistema da Central de Rastreamento (IN SEAP/MMA nº 2, de 04.09.2006);
- Proibição da realização de arrastos a menos de 10 milhas da costa (Portaria SUDEPE nº 11, de 13.05.1987);
- Utilização de dispositivo de escape de tartarugas (TED, *turtle excluder device*) (Portaria IBAMA nº 5, de 19.02.1997).

1.2. UMA PERSPECTIVA ESPACIAL: SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E APLICAÇÃO À PESCA

A coleta de informações sobre a distribuição geográfica de recursos minerais, propriedades, animais e plantas sempre foi uma parte importante das atividades de sociedades organizadas. Entretanto, esta atividade era restrita a elaboração de documentos e mapas em papel, o que impedia uma análise integrada de diversos mapas e dados (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001).

Com o desenvolvimento, na segunda metade do século XX, da tecnologia de informática, tornou-se possível armazenar e representar tais informações em ambiente computacional, abrindo espaço para o aparecimento do *geoprocessamento*, a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica. As ferramentas computacionais para geoprocessamento, chamadas de *sistemas de informação geográfica (SIG)*, permitem realizar análises complexas ao integrar dados de diversas fontes e criar bancos de dados georreferenciados (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001).

Segundo Meaden e Chi (1996) um SIG pode responder perguntas como: quais as características de um determinado local; qual a área ocupada por um atributo de interesse; dadas as características desejadas, exibir quais locais apresentam essas características; que padrões espaciais existem na área de interesse; quais as diferenças de padrões de ocupação espacial entre períodos; ou ainda o que aconteceria se alguma característica fosse alterada. A ampla funcionalidade fez com que essa ferramenta se adaptasse com sucesso em diversas áreas.

As primeiras aplicações de SIG em atividades pesqueiras surgiram em meados de década de 1980 e estavam relacionadas a seleção de áreas para a aquicultura. Houve um crescimento inexpressivo até a década de 1990, quando SIGs pesqueiros passaram por um crescente desenvolvimento, culminando na realização do primeiro simpósio internacional de SIG aplicado à ciência pesqueira em 1999 (MEADEN, 2000).

Por motivos como repetibilidade de informação e custo operacional, o sensoriamento remoto representa uma fonte única de informação atualizada para um SIG. Além disso, a união da tecnologia e dos conceitos e teorias de sensoriamento remoto e geoprocessamento possibilita a criação de sistemas de informação mais ricos e sofisticados (D'ALGE, 2001).

Com o advento da tecnologia de sensoriamento remoto, observou-se uma grande disponibilidade de informações sinópticas sobre o ambiente marinho em diferentes escalas. A utilização de tais informações, que refletem a natureza dinâmica do ambiente, tem permitido o incremento da produtividade pesqueira em diversos países, na medida em que propicia a aplicação de um esforço de pesca

mais efetivo e racional sobre os estoques de interesse comercial (ZAGAGLIA; HAZIN, 2008).

Na década de 1970, Brucks, Leming e Jones (s.d.) apontaram o potencial da utilização de imagens obtidas a partir de satélites no estudo da distribuição de camarões na costa nordeste da América do Sul. Esses autores sugeriram a relação entre padrões de turbidez – obtidos por meio do tratamento de imagens do satélite Earth Resources Technology Satellite (ERTS-A) – e dados biológicos provenientes de cruzeiros exploratórios e mapas de bordo fornecidos pela frota camaroneira.

Apesar da funcionalidade do SIG, sua aplicação à pesca marinha tem sido lenta, se comparada com as aplicações à ambientes terrestres, devido diversos fatores, entre os quais: as dificuldades de mapear a distribuição de espécies marinhas em um ambiente tridimensional; o fato dos ambientes marinhos sofrerem alterações constantes; os altos custos para obtenção de dados marinhos relacionados; a ausência de reconhecimento dos aspectos espaciais da gestão pesqueira; problemas de cooperação na aquisição de dados; a dificuldade de estabelecer limites de distribuição de determinados recursos pesqueiros; a ausência de bases de dados adequadas para diversos recursos pesqueiros; a ausência de integração e/ou fragmentação da tomada de decisão entre os responsáveis pela gestão pesqueira (MEADEN; CHI, 1996).

Entretanto, a introdução do conceito de manejo pesqueiro baseado em comunidades e ecossistemas vem ampliando o reconhecimento da importância do SIG, uma vez que esse tipo de abordagem prioriza o componente espacial das pescarias (RIOLO, 2006).

2. HIPÓTESES

- Existe uma relação inversa entre a profundidade e a CPUE do camarão-rosa na área de estudo.
- Um fundo lamoso está associado com maiores valores de CPUE de camarão-rosa na área de atuação da pesca industrial.
- Existe uma dependência entre a CPUE e as variáveis ambientais vazão, temperatura da superfície do mar e concentração de clorofila-*a*.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Analisar a dinâmica espaço-temporal da pesca industrial de camarão-rosa na Plataforma Continental do Amazonas a partir de dados georreferenciados de produção, esforço de pesca e variáveis hidrológicas e oceanográficas.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar possíveis unidades geográficas com maior índice de abundância relativa (CPUE);
- Avaliar a possível existência de relações espaciais entre o índice de abundância relativa (CPUE) e o tipo de substrato e a profundidade;
- Avaliar a possível existência de relações temporais entre o índice de abundância relativa (CPUE) e as variáveis vazão do rio Amazonas, temperatura da superfície do mar (TSM) e concentração de clorofila-*a*.

CAPÍTULO II

ANÁLISE ESPACIAL DA PESCA INDUSTRIAL DE CAMARÃO-ROSA *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1967) NA PLATAFORMA CONTINENTAL DO AMAZONAS

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento da distribuição espacial dos recursos pesqueiros é essencial para o ordenamento da pesca. Para os gestores da pesca é fundamental que todas as informações relativas a um determinado recurso sejam apresentadas de forma sucinta e exata, em um formato de fácil compreensão (CADDY; GARCIA, 1986), visto que o ordenamento e planejamento pesqueiros apresentam diversos componentes com dimensão espacial (GRAAF et al., 2003).

A identificação de áreas onde há concentração do esforço de pesca, a quantificação da captura em cada área e a avaliação das relações entre captura e esforço são questões de interesse dos gestores de recursos pesqueiros (MEADEN, 2000). A compreensão das relações entre a distribuição dos recursos pesqueiros e os fatores ambientais pode fornecer subsídios para o estabelecimento de medidas de ordenamento, e ainda contribuir para uma exploração racional e sustentável dos estoques (ZAGAGLIA; HAZIN, 2008).

O tratamento simultâneo dos diversos componentes espaciais da pesca com a aplicação de sistemas de informação geográfica pode auxiliar na compreensão de padrões de distribuição espacial e na tomada de decisões para o manejo (GRAAF et al., 2003).

Essa ferramenta foi utilizada no estudo da distribuição espacial de camarões peneídeos no golfo do México (PÉREZ-CASTAÑEDA; DEFEO, 2004; CLARK et al., 2004; CASTREJÓN; PÉREZ-CASTAÑEDA; DEFEO, 2005). Na Plataforma Continental do Amazonas, ainda na década de 1980, foram mapeados volumes de captura do camarão-rosa obtidos a partir de registros de mapas de bordo, sem, entretanto, relacionar estes dados à características ambientais (DRAGOVICH, 1981).

Os processos oceânicos que ocorrem na Plataforma Continental do Amazonas resultam da sobreposição de várias características dominantes, como: localização próxima ao Equador, grande energia física despendida pelas marés, correntes oceânicas e ventos, e enorme descarga de água, solutos e materiais particulados pelo rio Amazonas (NITTROUER; DeMASTER, 1996).

Na Plataforma Continental do Amazonas, a pesca industrial de camarões é realizada desde a década de 1950 (DRAGOVICH, 1981). O camarão-rosa *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1967), principal espécie capturada pela pesca industrial, é encontrado no Atlântico Ocidental desde o litoral norte de Cuba até o Rio de Janeiro, no Brasil, em profundidades de até 190 metros, e frequentemente em fundos de lama e areia, algumas vezes associados com conchas (HOLTHUIS, 1980; D'INCAO, 1995).

Este estudo objetiva identificar possíveis padrões de distribuição das capturas do camarão-rosa provenientes da frota de pesca industrial que atua na Plataforma Continental do Amazonas e relacioná-los ao tipo de substrato e à batimetria.

2. METODOLOGIA

2.1. ÁREA DE ESTUDO

O rio Amazonas apresenta os maiores valores de volume de descarga ($5{,}5x10^{12}m^3.ano^{-1}$) e tamanho da bacia de drenagem ($6x10^6$ km^2) (GIBBS, 1967; MEADE et al., 1979). O material em suspensão transportado pelo Amazonas é da ordem de $800x10^6$ toneladas (MARTINEZ et al., 2009). A descarga do Amazonas é de tal magnitude que, mesmo durante o período de mínima vazão, as águas marinhas não penetram a foz do rio, fazendo com que a circulação estuarina ocorra na plataforma (GIBBS, 1970).

A plataforma do Amazonas é definida por Nittrouer e DeMaster (1986) como a região que se estende da linha de costa à quebra da plataforma, correspondente a isóbata de 100 m, entre o estuário do rio Pará e o paralelo de 5°N, marcado pela fronteira entre o Brasil e a Guiana Francesa (Figura 2.1).

Com base na tipologia dos bancos de areia formados ao longo da plataforma, esta pode ser subdividida em duas áreas distintas: a do Amazonas e a do Litoral do Amapá. A primeira, localizada ao sul da latitude 2°N, é caracterizada por apresentar

uma superfície formada por ondas de areia de 3 a 6 m de altura e 100 a 200 m de comprimento de onda; e mais ao norte, no litoral do Amapá, as feições predominantes são grandes bancos de areia, com 20 a 30 m de altura e 6 a 8 km de comprimento de onda (NITTROUER et al., 1986; NITTROUER; DeMASTER, 1996).

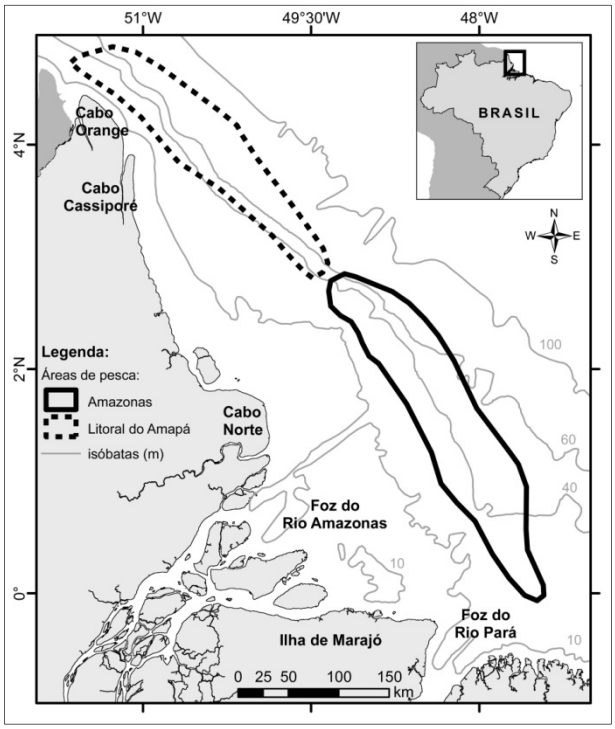

Figura 2.1. Plataforma Continental do Amazonas, com representação das áreas do Amazonas e Litoral do Amapá.

2.2. FONTE DE DADOS

2.2.1. Pesca do camarão-rosa

Os dados de produção e esforço de pesca foram coletados no âmbito do Projeto Biologia e Pesca de Camarões na Costa Norte do Brasil do Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Norte (CEPNOR/IBAMA), que manteve amostragens mensais em barcos da frota industrial. Esses dados foram coletados no período de 2000 a 2004, durante operações de pesca diurnas e noturnas, realizadas entre 10 e 100 m de profundidade na Plataforma Continental do Amazonas.

As embarcações utilizadas possuíam casco de aço e comprimento total, em média, de 22 metros; realizavam, geralmente, 4 arrastos diários, utilizando sistema *double-rig* (ARAGÃO; SILVA, 1999).

Observadores de bordo registraram, para cada arrasto, informações como data, hora inicial, duração (h), latitude e longitude iniciais, profundidade (m), local de pesca e quantidade (kg) de camarão-rosa capturado. As capturas de camarão-rosa ocorreram apenas durante a temporada de pesca (Tabela 2.1), a qual permanece fechada, anualmente, entre 15 de outubro e 15 de fevereiro (BRASIL, 2004).

Tabela 2.1. Número de arrastos acompanhados a bordo de embarcações da pesca industrial de camarão-rosa, na Plataforma Continental do Amazonas entre 2000 e 2004.

	MESES							
ANOS	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO
2000	-	65	-	105	44	43	149	28
2001	60	157	100	143	137	94	73	47
2002	12	81	80	196	40	221	-	150
2003	28	162	166	79	-	132	51	77
2004	35	94	167	90	139	137	87	80

A CPUE (captura por unidade de esforço) foi adotada como índice de abundância relativa e calculada para cada arrasto. A CPUE é definida como a razão entre produção (em quilogramas) de camarão-rosa e duração do arrasto (em horas), expressa em $kg.h^{-1}$, como proposto por King (1995).

2.2.2. Batimetria e tipo de substrato

As isóbatas foram obtidas a partir da digitalização de cartas náuticas elaboradas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) e da Carta Batimétrica Geral dos Oceanos elaborada pelo Projeto GEBCO (*General Bathymetric Chart of the Oceans*) (IOC; IHO; BODC, 2003).

Os estratos de profundidade adotados seguiram a classificação de Nittrouer et al. (1986), que baseados em dados de estratigrafia sísmica, dividiram a plataforma em três porções distintas: (1) 10 a 40 m: plataforma interna, larga e suavemente inclinada (<1:3000), denominada *topset*; (2) 40 a 60 m: plataforma média, com inclinação relativamente mais abrupta, chamada *foreset*, no Amazonas a inclinação (1:1000) é mais suave que no litoral do Amapá, onde a declividade chega a (1:100); e (3) 60 a 100 m: plataforma externa, com declividade suave (1:2000), chamada *bottomset*.

2.2.3. Depósitos sedimentares

A caracterização do substrato da Plataforma Continental do Amazonas baseou-se nas descrições de Kuehl, Nittrouer e DeMaster (1982, 1986), e foi digitalizada de Nittrouer et al. (1986), e Kuehl, DeMaster e Nittrouer (1986), que determinaram a taxa de sedimentação anual.

Kuehl, Nittrouer e DeMaster (1982, 1986) caracterizaram, a partir da estrutura sedimentar, as seguintes regiões: (1) Lama e areia interestratificada: composta por camadas de lama e areia intercaladas, com espessura variando de alguns milímetros a vinte centímetros, onde há predominância da estrutura sedimentar física íntegra, com poucas evidências de bioturbação; (2) Lama pouco laminada: coincide com regiões de rápida acumulação sedimentar; apresenta laminações fracas com pouca ou nenhuma evidência de bioturbação; e (3) Lama mosqueada: essa região é caracterizada por sedimentos que foram amplamente retrabalhados pela macrofauna bêntica, criando um padrão, chamado mosqueado, com a estrutura sedimentar física destruída em vários níveis. Nessa faixa são ainda encontradas estruturas biológicas, como canais e tocas. Na figura 2.2 são apresentadas radiografias dos perfis de sedimentos dessas regiões, obtidas por Nittrouer et al. (1986).

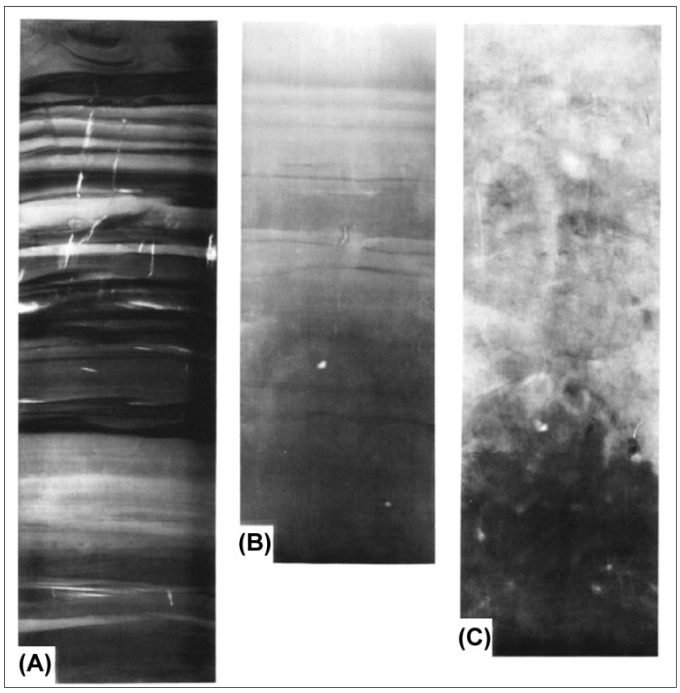

Figura 2.2. Radiografias de perfis de sedimentos das regiões de lama e areia interestratificada (34cm) (A), lama pouco laminada (28cm) (B) e lama mosqueada (33cm) (C), obtidas por Nittrouer et al. (1986).

2.2.4. Salinidade

As isoalinas, representando a salinidade de fundo, foram digitalizadas de Lentz e Limeburner (1995).

2.3. ANÁLISE DOS DADOS

Com um SIG, os dados, organizados em camadas, foram integrados utilizando o programa ArcGIS 9.3 (ESRI, 2008). As imagens referentes à caracterização ambiental (batimetria, substrato e salinidade) foram digitalizadas utilizando projeção WGS-84. As camadas foram integradas com a aplicação do comando *Identity* a um par de camadas de cada vez. Os dados de pesca ao longo do período de estudo foram analisados simultaneamente.

Para identificar áreas com maiores valores de CPUE de camarão-rosa, a área de atuação da pesca industrial foi dividida em blocos de 9 x 9 km (Figura 2.3). Para cada bloco de pesca foi calculado o número de arrastos e a mediana da CPUE. Blocos com número de arrastos inferior a três foram desconsiderados e não tiveram a mediana calculada. Os resultados foram espacializados.

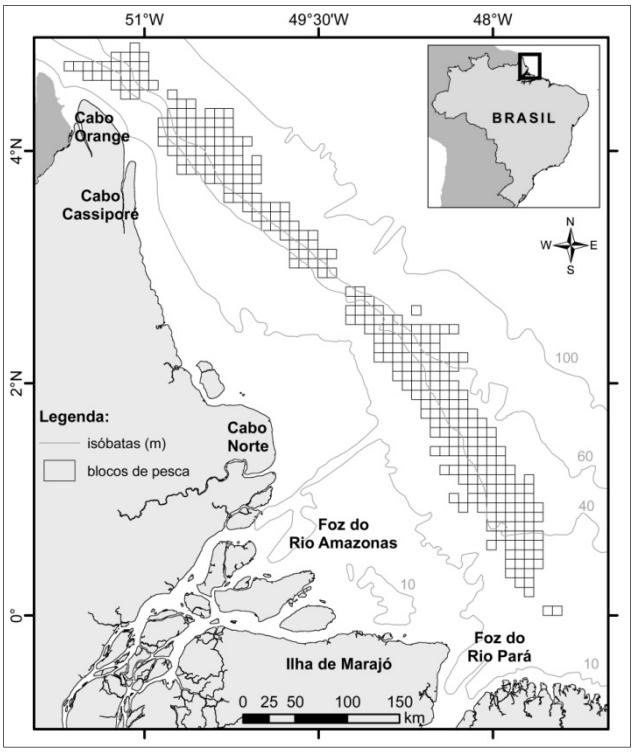

Figura 2.3. Plataforma Continental do Amazonas, com representação dos blocos de pesca.

2.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

A caracterização dos padrões de distribuição espacial da CPUE foi baseada em 3.543 registros de operações de pesca (arrastos), que tiveram duração média de 4,55 ± 1,13 horas, totalizando 16.117,84 horas de arrasto. Para cada intervalo de profundidade e tipo de substrato foram calculados parâmetros de estatística descritiva da CPUE.

Para testar o efeito da batimetria na CPUE foram consideradas separadamente as áreas de pesca Amazonas e Litoral do Amapá, dadas as diferenças batimétricas entre as duas áreas. Assim, foram adotados os intervalos definidos em Nittrouer et al. (1986): 10 a 40 m e 40 a 60 m, para o Amazonas, e 40 a 60 e 60 a 100 m, para o litoral do Amapá. Após testes de normalidade, que indicaram a distribuição não normal dos dados de CPUE, foram aplicados os testes de Kruskal-Wallis e correlação de Spearman rank order (p=0,05).

3. RESULTADOS

As embarcações da frota de pesca industrial acompanhadas operaram em uma faixa da Plataforma Continental do Amazonas que se estende da altura da foz do rio Amazonas até o Cabo Orange (Figura 2.4).

A Figura 2.4A mostra a distribuição espacial dos arrastos acompanhados durante o período de estudo. No Amazonas é possível observar que o número de arrastos realizados em cada bloco se distribui de forma regular. Os blocos com maior número de arrastos não necessariamente coincidem com blocos de maior CPUE.

A mediana da CPUE nos blocos de pesca variou numa escala de 2 a 20kg.h^{-1}. Foram identificadas quatro áreas com maior abundância (CPUE) de camarão-rosa, correspondentes aos locais de pesca conhecidos pelos pescadores como Cabo Orange e Cascalho, no Litoral do Amapá, e Praia Grande e Lixeira, no Amazonas (Figura 2.4B). A distribuição da CPUE no Amazonas pareceu estar associada à fonte de descarga fluvial.

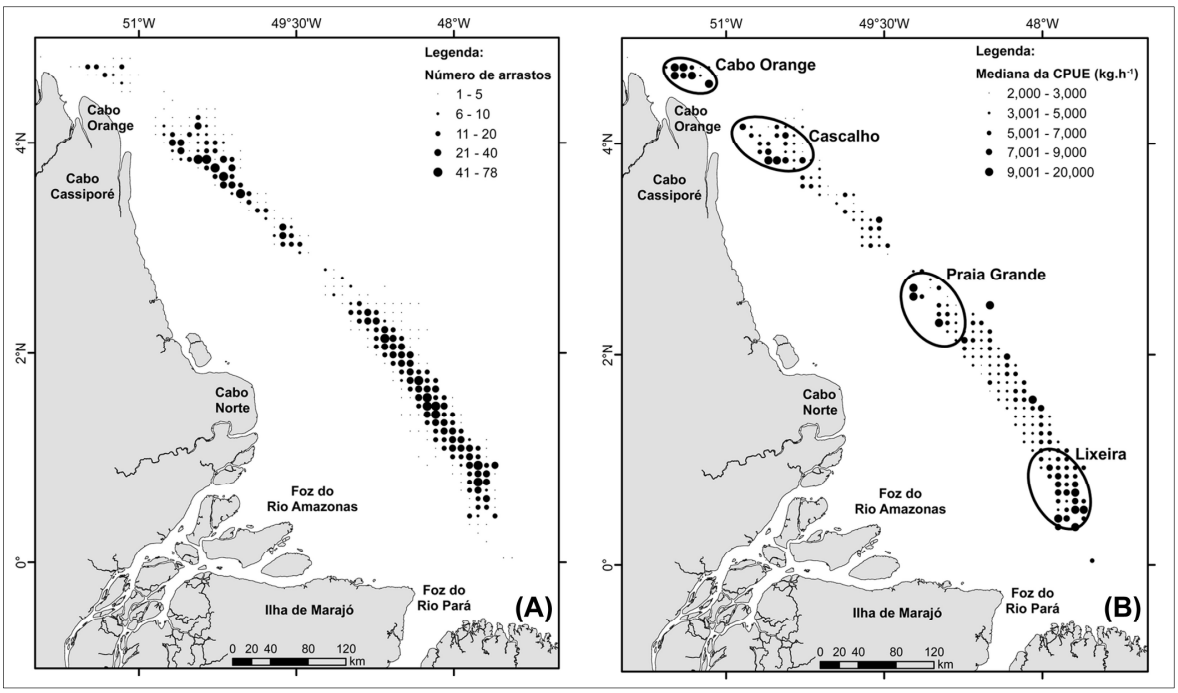

Figura 2.4. Número de arrastos por bloco de pesca (A) e Distribuição espacial da CPUE, com destaque para os locais de pesca de camarão-rosa com maiores valores de CPUE (B).

3.1. DISTRIBUIÇÃO DA CPUE EM RELAÇÃO À BATIMETRIA

Os arrastos ocorreram a partir de 12 m de profundidade. No Amazonas, se concentraram entre 40 e 60 m (67,83%), enquanto no Litoral do Amapá, a maior frequência de arrastos foi entre 60 e 100 m (64,85%). A CPUE se manteve acima de 5,00 $kg.h^{-1}$, exceto no estrato de profundidade de 60 a 100 m, onde a mediana da CPUE foi de 3,54 $kg.h^{-1}$ (Tabela 2.2).

Tabela 2.2. Número de arrastos (%) e CPUE ($kg.h^{-1}$) de camarão-rosa na Plataforma Continental do Amazonas de acordo com as faixas batimétricas estabelecidas por Nittrouer et al. (1986).

ÁREA	FAIXA DE PROFUNDIDADE	NÚMERO DE ARRASTOS (%)	MEDIANA DA CPUE	CPUE MÍNIMA	CPUE MÁXIMA
AMAZONAS	10 --| 40 m *topset*	32,17	5,00	0,03	53,33
	40 --| 60 m *foreset*	67,83	5,09	0,07	44,67
LITORAL DO AMAPÁ	40 --| 60 m *foreset*	35,15	5,25	0,40	25,00
	60 --| 100 m *bottomset*	64,85	3,54	0,86	29,85

No Litoral do Amapá, a CPUE foi significativamente maior no estrato de profundidade de 40 a 60 m ($H_{(1,\ N\ =\ 1098)}$ = 87,64; $p < 0,05$), e, no Amazonas, não foram encontradas diferenças significativas entre os estratos de profundidade ($H_{(1,N=2313)}$=0,36; p=0,55) (Figura 2.5).

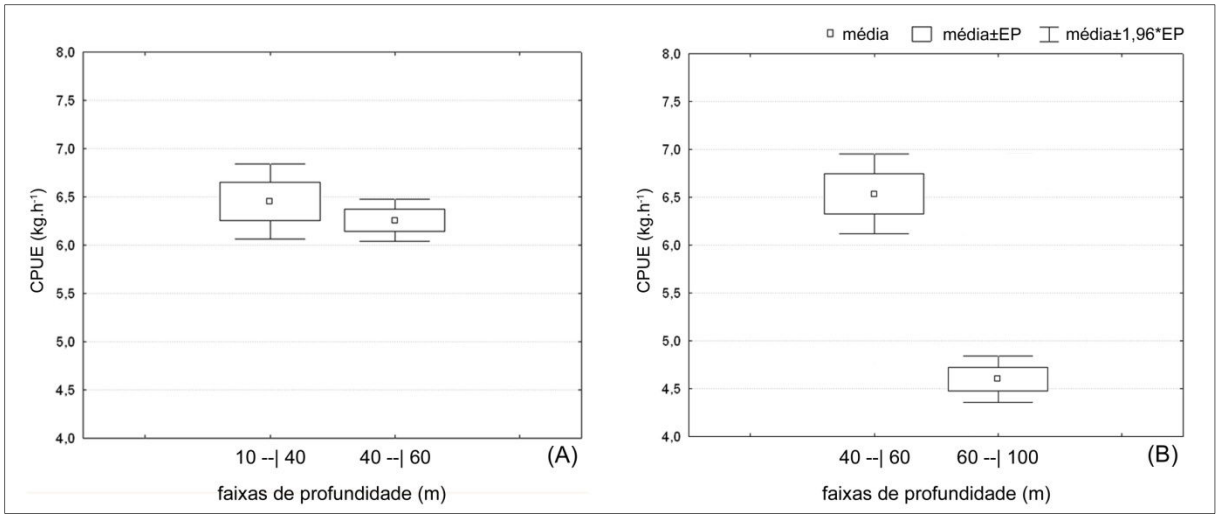

Figura 2.5. CPUE (kg.h^{-1}) do camarão-rosa por estrato de profundidade no Amazonas (A) e no Litoral do Amapá (B) (EP: erro padrão).

Ainda que tenha sido baixa, foi observada uma correlação negativa entre a profundidade e a CPUE no litoral do Amapá (r_s= - 0,32; p<0,05), enquanto no Amazonas não foi encontrada correlação (r_s=0,03; p=0,13) (Figura 2.6).

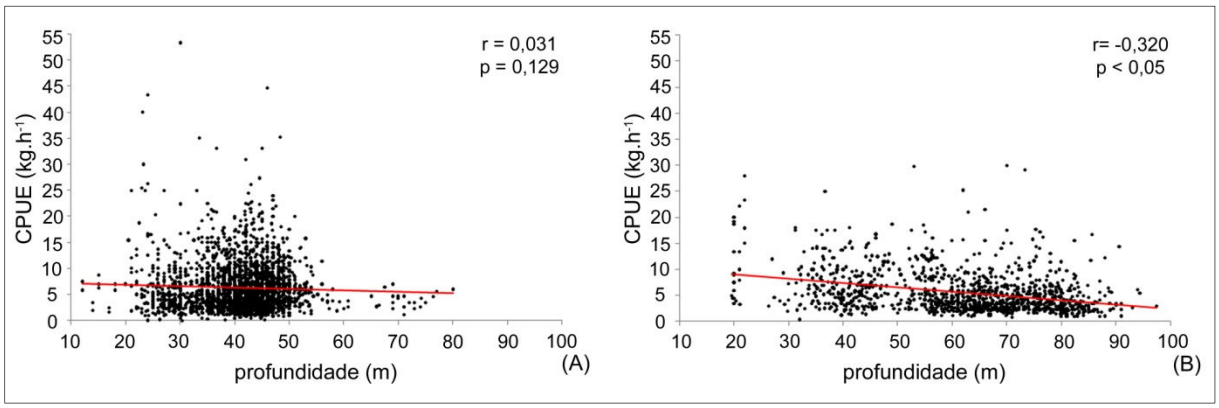

Figura 2.6. Relação entre CPUE e profundidade no Amazonas (A) e no Litoral do Amapá (B).

3.2. DISTRIBUIÇÃO DA CPUE EM RELAÇÃO AO SUBSTRATO E SALINIDADE DE FUNDO

Os arrastos se concentraram na região de lama mosqueada (66,38%) (Figura 2.7B), seguido pelas regiões de lama pouco laminada (4,83%), e lama e areia interestratificada (1,33%), na região adjacente à foz do rio Amazonas (Tabela 2.3).

As maiores medianas de CPUE foram registradas nas faixas de lama pouco laminada (6,86 kg.h^{-1}) e lama e areia interestratificada (6,00 kg.h^{-1}), seguidas pela região de lama mosqueada, onde foi observada a menor mediana de CPUE (4,42 kg.h^{-1}). Entretanto, o número de arrastos registrados nesta última região (2.352) foi

cerca de dez vezes maior que o total de arrastos ocorridos nas outras duas faixas de sedimento (Tabela 2.3).

Tabela 2.3. Número de arrastos (%) e CPUE ($kg.h^{-1}$) de camarão-rosa na plataforma do Amazonas por faixas de estrutura sedimentar, definidas por Kuehl, Nittrouer e DeMaster (1982, 1986).

ESTRUTURA SEDIMENTAR	NÚMERO DE ARRASTOS (%)	MEDIANA DA CPUE	CPUE MÍNIMA	CPUE MÁXIMA
LAMA MOSQUEADA	66,38	4,42	0,03	44,67
LAMA E AREIA INTERESTRATIFICADA	1,33	6,00	1,00	43,33
LAMA POUCO LAMINADA	4,83	6,86	1,25	28,00
INDETERMINADO	27,46	5,60	0,40	53,33

As regiões com maior taxa de sedimentação (>5 $cm.ano^{-1}$) coincidiram com blocos de pesca onde a CPUE foi inferior a 5 $kg.h^{-1}$ (Figura 2.7C). Alguns blocos de pesca na extremidade sul da área de estudo e, ao norte, na altura do cabo Cassiporé ocorreram fora dos limites da área de estudo de Kuehl, DeMaster e Nittrouer (1986), impedindo a comparação entre a taxa de sedimentação e a CPUE.

De acordo com as isoalinas estabelecidas em Lentz e Limeburner (1995), os arrastos foram realizados, em sua maioria, em locais onde a salinidade de fundo é superior a 35, como pode ser observado na Figura 2.7D.

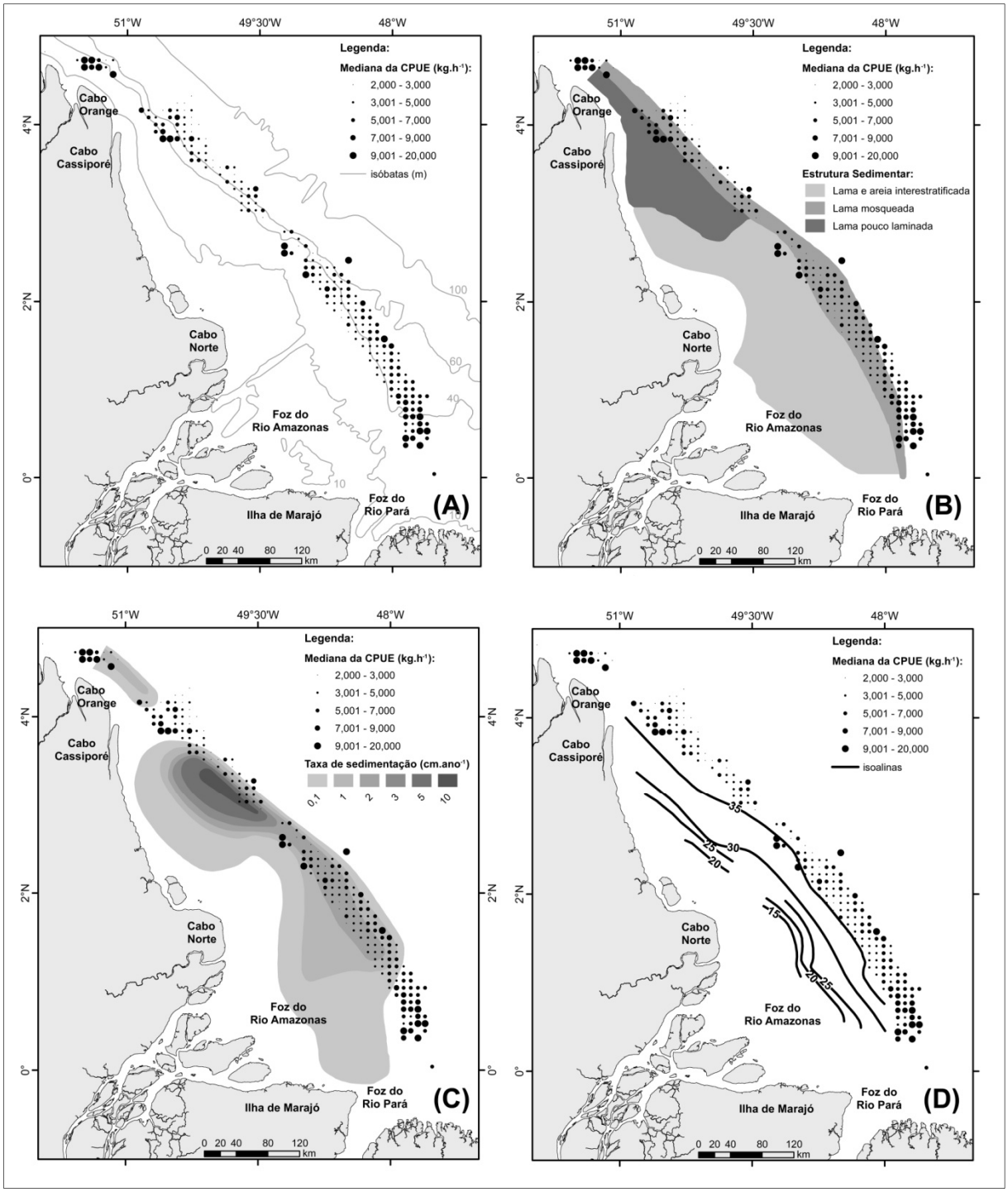

Figura 2.7. Distribuição espacial da CPUE (kg.h^{-1}) em relação às características ambientais: batimetria (A) (cartas náuticas; IOC; IHO; BODC, 2003); estrutura sedimentar (B) (adaptação de NITTROUER et al., 1986); taxa de sedimentação (C) (KUEHL; DeMASTER; NITTROUER, 1986); salinidade de fundo (D) (LENTZ; LIMEBURNER, 1995).

4. DISCUSSÃO

Os resultados mostraram que a frota pesqueira atua principalmente na faixa de sedimento de 40 a 60 m, onde ocorreram também as maiores medianas de

CPUE. Estes resultados confirmam que, mesmo que a espécie possa se distribuir até 190 m de profundidade, há uma preferência por águas mais rasas, com profundidades inferiores a 75 m (D'INCAO, 1995).

Diferenças na morfologia do leito submarino, entre o Amazonas e o Litoral do Amapá, mostraram que enquanto na primeira não se teve diferenças em termos da mediana de CPUE com a variação batimétrica, foram evidentes diferenças no Litoral do Amapá, onde se registraram menores valores de CPUE com maiores profundidades. Estes resultados indicam que pode ser presumido um padrão de diminuição da abundância de *F. subtilis* com o aumento de profundidade

A grande diferença entre o número de arrastos observados em cada faixa de sedimento impediu que fossem feitas comparações estatísticas da abundância relativa de camarão-rosa entre os diferentes tipos de estrutura sedimentar. Como as amostragens acompanharam a frota industrial, não foi possível manter qualquer tipo de amostragem estratificada. Assim, os maiores valores de CPUE encontrados nas faixas de lama e areia interestratificada e lama pouco laminada não indicam que essas áreas sejam mais abundantes em termos de biomassa de camarão-rosa.

Nas regiões mais próximas à foz do Amazonas, na porção denominada *topset*, a dinâmica de sedimentação e as correntes de fundo promovem um intenso retrabalhamento do sedimento, o que impede a colonização desta porção da plataforma interna pela fauna bentônica. Já na porção seguinte, denominada *foreset*, o menor aporte de sedimentos faz com que essa faixa seja mais adequada à sobrevivência do camarão-rosa.

A pesca industrial de camarão-rosa concentra-se sobre uma região de lama com evidências de bioturbação. Segundo Kuehl, Nittrouer e DeMaster (1982, 1986), essa camada corresponde a uma região de acumulação sedimentar lenta, onde os organismos bentônicos revolvem o leito submarino gerando o padrão chamado mosqueado, formado por conchas de bivalves e galerias escavadas. O camarão vive nessa faixa, e é um dos agentes de bioturbação (Figura 2.8).

É possível que esta faixa de lama mosqueada constitua uma importante fonte de energia para *F. subtilis*. Estudos da dieta de alguns Penaeidae têm mostrado que a alimentação desses camarões é composta principalmente de material microbiano, detritos, plantas e pequenos animais (DALL et al., 1990). O desenvolvimento de biofilme sobre substratos submersos geralmente promove a constituição de complexas comunidades de organismos tais como bactérias, protozoários, fungos e

algas incrustados em uma matriz de polissacarídeos extracelulares secretados por bactérias (COSTERTON; IRVIN, 1981). O biofilme pode ser uma importante fonte de ácidos graxos poliinsaturados, esteróis, aminoácidos, vitaminas e carotenóides (THOMPSON; ABREU; CAVALLI, 1999). Assim, pode-se pressupor que o processo de bioturbação, favoreça a formação de substratos para colonização microbiana e de outros organismos que constituem fontes de energia para *F. subtilis* e, portanto, isto favoreça uma área de maior concentração da espécie, a qual coincide com as áreas de maior pressão pela pesca industrial. Entretanto seriam necessárias futuras pesquisas para comprovar estes pressupostos para *F. subtilis* na Plataforma Continental do Amazonas.

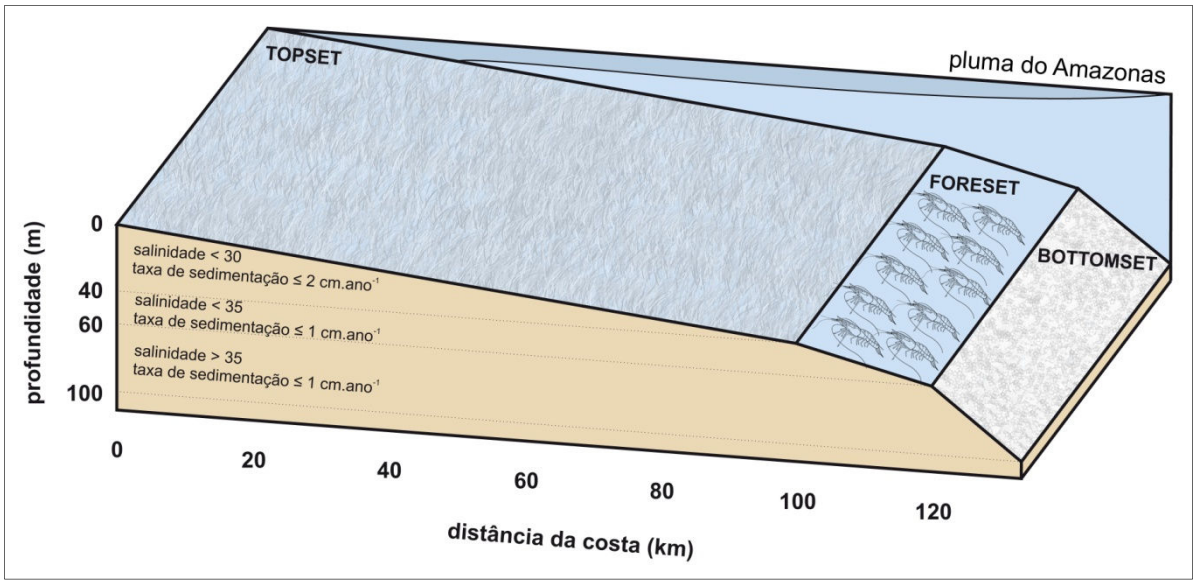

Figura 2.8. Representação esquemática da Plataforma Continental do Amazonas, características ambientais e distribuição do camarão-rosa.

Apesar da pluma de baixa salinidade do Amazonas se estender até 310 km de distância da costa, limite que varia sazonalmente (SILVA; ARAÚJO; BOURLÈS, 2005), esta apenas tem um efeito superficial, com profundidade média de 7,3 metros. Assim, junto ao substrato, não há variações sazonais significativas da posição da isoalina de 36, e a transição entre as águas fluviais e oceânicas é marcada pela isóbata de 20 m (LENTZ; LIMEBURNER, 1995).

Dado que, neste estudo, as capturas de *F. subtilis* se concentraram nas proximidades da isoalina de 35, pode-se concluir que a salinidade de fundo não causou um importante efeito na concentração desta espécie no fundo.

5. CONCLUSÃO

Dada a concentração de arrastos da frota de pesca industrial de camarão-rosa na faixa de lama mosqueada, é previsível que a sobreposição de fatores ambientais seja determinante para maior ocorrência de *F. subtilis* na região de *foreset*, entre 40 e 60 m de profundidade. Nessa região, características como morfologia de fundo, tipo de substrato (lama), taxa de sedimentação (<1 $cm.ano^{-1}$), e salinidade (>30) constituem o habitat ideal para *F. subtilis*.

CAPÍTULO III

EFEITO DA DINÂMICA HIDROLÓGICA E OCEANOGRÁFICA NAS CAPTURAS DA FROTA INDUSTRIAL DE *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1967) NA PLATAFORMA CONTINENTAL DO AMAZONAS

1. INTRODUÇÃO

Nas plataformas continentais tropicais, a distribuição de organismos bentônicos reflete a importância da produção primária de águas rasas costeiras e da descarga de matéria orgânica dos rios (LONGHURST; PAULY, 2007). Na costa norte da América do Sul, o rio Amazonas é fonte de nutrientes para a plataforma continental, estimulando a produtividade marinha na região. A interação entre as águas fluviais e oceânicas cria condições que influenciam diretamente o crescimento do plâncton. A combinação entre o aporte de nutrientes do rio e a disponibilidade de luz cria uma zona de transição de alta produtividade. Essa estreita zona de transição tem um importante papel na transferência de energia na teia alimentar da plataforma continental e é limitada, de um lado, pela disponibilidade de radiação luminosa e, de outro, pela disponibilidade de nutrientes (SMITH-JR; DeMASTER, 1996).

Essa região é parte de uma das mais importantes áreas de pesca de camarões peneídeos do mundo, que se estende do nordeste da Venezuela até a foz do rio Parnaíba, no nordeste do Brasil (BARTHEM; GOULDING, 2007). *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1967) é a espécie de maior ocorrência nas capturas industriais, representando até 99% dos exemplares capturados (ARAGÃO et al., 2001), mas também ocorrem nessa região outras espécies da família Penaeidae: *F. brasiliensis* (Latreille, 1817), *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936), *Penaeopsis serrata* Bate, 1881, *Rimapenaeus constrictus* (Stimpson, 1871), *Rimapenaeus similis* (Smith, 1885) e *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (SILVA et al., 2002).

A compreensão dos padrões de distribuição e variação sazonal da abundância de recursos pesqueiros e dos fatores ambientais que os influenciam é importante para um adequado ordenamento pesqueiro. Como a pesca apresenta diversos componentes com dimensão espacial (CADDY; GARCIA, 1986; MEADEN, 2000), sistemas de informação geográfica aliados à tecnologia de sensoriamento remoto vêm sendo bastante utilizados em estudos da dinâmica populacional e pesqueira de diversos recursos.

Além disso, a combinação dessas ferramentas pode auxiliar na detecção de áreas com características favoráveis à ocorrência das espécies explotadas e, consequentemente, à pesca, tornando a exploração mais racional e sustentável (ZAGAGLIA; HAZIN, 2008).

Este estudo analisou dados de captura da pesca industrial e dados de vazão do rio Amazonas, além de variáveis geradas por sensoriamento remoto, como temperatura da superfície do mar e concentração de clorofila-*a*, a fim de verificar o grau de associação, se existente, entre variáveis hidrológicas e volumes de captura de camarão-rosa na Plataforma Continental do Amazonas.

2. METODOLOGIA

2.1. ÁREA DE ESTUDO

A Plataforma Continental do Amazonas é definida por Nittrouer e DeMaster (1986) como a região que se estende da linha de costa à quebra da plataforma, correspondente a isóbata de 100 m, entre o estuário do rio Pará e o paralelo de 5°N, marcado pela fronteira entre o Brasil e a Guiana Francesa.

2.2. ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL

Um sistema de informação geográfica foi desenvolvido e utilizado nas análises espaciais, com aplicação do programa ArcGIS 9.3 (ESRI, 2008). A projeção cartográfica adotada, WGS-84, seguiu aquela dos dados adquiridos por sensoriamento remoto. As coordenadas geográficas dos pontos de pesca foram transformadas para graus decimais.

2.2.1. Pesca do camarão-rosa

Os dados de produção e esforço de pesca foram coletados no âmbito do Projeto Biologia e Pesca de Camarões na Costa Norte do Brasil do Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Norte (CEPNOR/IBAMA), que realizou amostragens mensais em barcos da frota industrial. Observadores de bordo registraram informações como: nome do barco, data, hora inicial do arrasto, duração do arrasto (h), latitude e longitude iniciais, profundidade (m), local de pesca e produção (kg) de camarão-rosa por arrasto.

Os dados utilizados neste trabalho foram coletados entre 2000 e 2004, em arrastos diurnos e noturnos, realizados entre 10 e 100 m de profundidade, na Plataforma Continental do Amazonas. As amostragens foram realizadas durante a temporada de pesca, que permanece fechada, anualmente, entre 15 de outubro e 15 de fevereiro (BRASIL, 2004).

2.2.2. Vazão do rio Amazonas

A vazão medida na estação de Óbidos, no Pará, é comumente utilizada para representar a descarga que alcança o estuário amazônico (MOLLERI; NOVO; KAMPEL, 2010). Entretanto, dois grandes tributários deságuam a jusante de Óbidos: os rios Tapajós e Xingu, que juntos, contribuem com 5% da descarga total na foz do rio (LENTZ; LIMEBURNER, 1995).

Dessa forma, a vazão diária do rio Amazonas, em $m^3.s^{-1}$, medida na estação hidrológica de Óbidos, no Pará (1°55’9”S; 55°30’47”W), foi somada às vazões diárias obtidas nas estações Acará (4°53’11”S; 56°43’23”W), no rio Tapajós, e Altamira (3°12’53”S; 52°12’44”W), no rio Xingu. Os dados de vazão foram obtidos por meio do Sistema de Informações Hidrológicas (HidroWEB), disponível no portal da Agência Nacional de Águas (ANA) (http://hidroweb.ana.gov.br/).

2.2.3. Variáveis obtidas por sensoriamento remoto

No formato ASCII, cada ponto corresponde a uma medida efetuada pelo sensor. Os pontos mantém entre si a distância correspondente à resolução espacial dos dados, formando uma grade regular de pontos (Figura 3.1).

Figura 3.1. Grade regular de pontos de TSM, a distância entre os pontos é de 4 km e cada um representa uma medida obtida pelo sensor.

A partir dessa grade regular de pontos, os dados de TSM e concentração de clorofila-*a* foram interpolados com aplicação do método geoestatístico de krigagem ordinária, utilizando a extensão *Geostatistical Analyst* do ArcGIS, a fim de gerar uma superfície contínua de valores de TSM e concentração de clorofila-*a* para cada mês.

Além da superfície com os valores interpolados, a krigagem realizada pelo *Geostatistical Analyst* gera parâmetros estatísticos que permitem avaliar a relação entre os valores medidos e aqueles gerados pela interpolação, os quais são (ESRI, 2008): (1) Média padronizada, cujo valor deve ser próximo de zero; (2) Raiz Quadrada Média, cujo valor deve ser baixo; (3) Erro Médio Padrão e Raiz Quadrada Média, os quais devem apresentar valores próximos; (4) Raiz Quadrada Média Padronizada, que deve apresentar valores próximos de 1.

Para selecionar o modelo de semivariograma mais adequado, foram avaliados os parâmetros descritos anteriormente para os semivariogramas circular, esférico, tetraesférico, pentaesférico e exponencial. O modelo exponencial foi o mais adequado para a interpolação dos dados de TSM, enquanto o modelo circular foi o mais adequado para a interpolação dos dados de concentração de clorofila-*a*.

As camadas geradas pelo *Geostatistical Analyst* foram convertidas para o formato *raster*, permitindo a aplicação do comando *Extract value to points* (*Spatial Analyst*) para a obtenção dos valores médios mensais de TSM e concentração de clorofila-*a* para cada ponto de pesca.

2.3. ANÁLISE DE DADOS

2.3.1. Abundância relativa de camarão-rosa e parâmetros ambientais

As informações contidas nos formulários de embarque foram digitadas em planilhas e armazenadas em formato DBF para inserção no SIG. A CPUE (captura por unidade de esforço) foi adotada como índice de abundância relativa. A CPUE foi calculada para cada arrasto, definida como quantidade de camarão-rosa (em quilogramas) capturada por tempo de arrasto (em horas), expressa em $kg.h^{-1}$, como proposto por King (1995).

As análises estatísticas foram realizadas considerando apenas 2.689 pontos de pesca, correspondentes aqueles em que foram obtidas leituras válidas das variáveis TSM e concentração de clorofila-*a*.

Para verificar as possíveis associações entre a CPUE e as variáveis hidrológicas foi aplicada a análise de correspondência. Para compor a matriz de dados para a análise, foram calculadas médias diárias para as variáveis CPUE, TSM e concentração de clorofila-*a*, além da vazão, obtida diretamente em valores diários. Posteriormente, cada variável foi categorizada, sendo definidos os intervalos de classe apresentados na Figura 3.2.

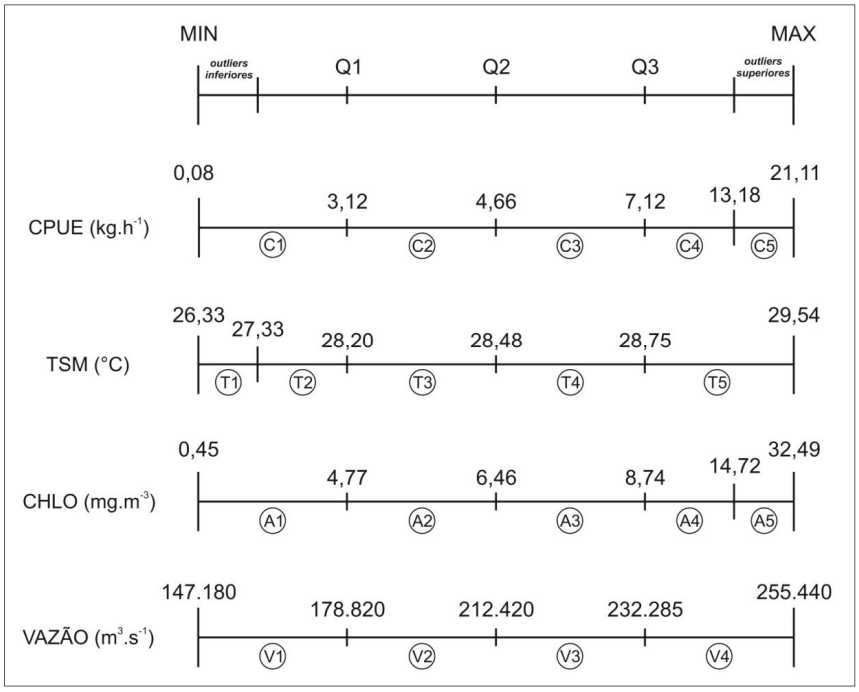

Figura 3.2. Intervalos de classe das variáveis CPUE, TSM e concentração de clorofila-*a*.

Os intervalos de classe foram definidos a partir dos seguintes parâmetros estatísticos: valor mínimo (MIN); *outlier* inferior (*OI*); primeiro (Q1), segundo (Q2, a mediana) e terceiro (Q3) quartis; *outlier* superior (*OS*); e valor máximo (MAX).

Os *outliers* foram identificados como proposto por Bussab e Morettin (2003).

$$OI \leq Q_1 - k \times IQ$$
$$OS \leq Q_3 + k \times IQ, \text{ onde:}$$

$IQ = Q_3 - Q_1$ é a amplitude interquartílica, e k = 1,5.

Para verificar se a aplicação da análise de correspondência era válida, existindo dependência entre as variáveis estudadas, foi aplicado o teste critério β (LAGARDE, 1995; MOSCAROLA, 1990):

$$\beta = \frac{\chi^2 - (l-1)(c-1)}{\sqrt{(l-1)(c-1)}}, \text{ onde:}$$

χ^2 é o valor do teste qui-quadrado ($\alpha \leq 0{,}05$); l, o número de linhas e c, o número de colunas. Se $\beta > 3$, as variáveis são ditas dependentes com $\alpha = 0{,}05$.

Para variáveis dependentes, foi avaliado o padrão de inter-relacionamento da associação baseado nos resíduos. Para determinar a probabilidade de associação entre as variáveis, a partir dos resíduos, foi calculado o coeficiente de confiança (γ) (RAMOS, ALMEIDA; ARAÚJO, 2008):

$$\gamma = 0, \text{ se } Z_{res} \leq 0;$$
$$\gamma = 1 - 2 \times [1 - P(Z < Z_{res})], \text{ se } 0 < Z_{res} < 3;$$
$$\gamma = 1, \text{ se } Z_{res} \geq 3; \text{ onde:}$$

Z_{res} é o resíduo padronizado. As relações são consideradas significativas quando $\gamma \geq 70$, ou seja, a probabilidade de associação entre as variáveis deve ser maior ou igual a 70%. Por fim, quando atendidos os critérios descritos, foram elaborados gráficos perceptuais.

2.3.2. Variação temporal da abundância relativa de camarão-rosa

A fim de verificar a variação da abundância relativa de camarão-rosa ao longo do ano, foi aplicada análise de correspondência entre CPUE e meses, utilizando os mesmos intervalos de classe para a CPUE e seguindo a mesma metodologia de

análise multivariada adotada para relação entre CPUE e variáveis ambientais oceanográficas e hidrológica.

3. RESULTADOS

3.1. ABUNDÂNCIA RELATIVA DE CAMARÃO-ROSA E VARIÁVEIS AMBIENTAIS

No período de estudo, a TSM nos pontos de pesca variou de 26,30 a 29,86°C, com média de 28,46°C; enquanto a concentração de clorofila-*a* variou de 0,33 a 32,49 $mg.m^{-3}$, com média de 7,05 $mg.m^{-3}$. A vazão alcançou um máximo de 277.065,1 $m^3.s^{-1}$, enquanto a vazão mínima foi de 95.837,3 $m^3.s^{-1}$. Os períodos de vazão mínima e máxima foram mais acentuados em 2001.

A descarga do Amazonas foi tipicamente marcada por períodos de máxima vazão, que ocorreram entre abril e junho, e períodos de mínima vazão, entre outubro e dezembro (Figura 3.4). A CPUE também apresentou sazonalidade, alcançando maiores valores (até 21,11 $kg.h^{-1}$, em 2003) no primeiro semestre (Figura 3.3).

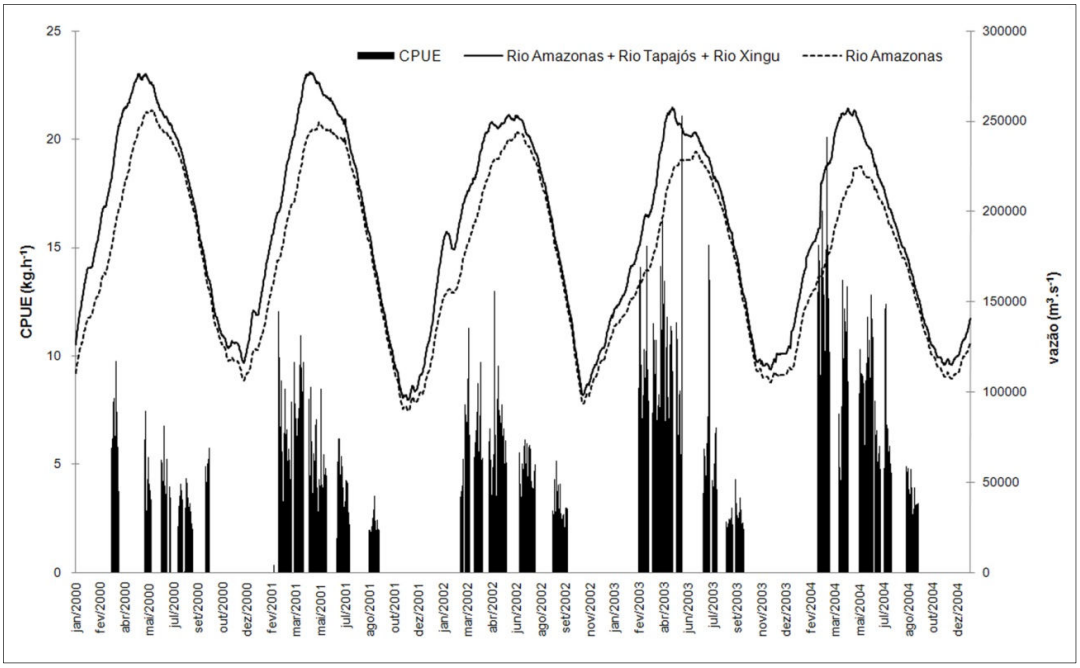

Figura 3.3. Vazão diária do rio Amazonas, medida na estação de Óbidos, e vazão do rio Amazonas somada à vazão de seus principais afluentes, os rios Tapajós e Xingu (FONTE: ANA). As colunas representam a média diária de CPUE.

A Tabela 3.1 apresenta os resultados do teste critério β para as variáveis estudadas. Como $\beta > 3$ em todos os casos testados, as variáveis podem ser consideradas dependentes, validando a aplicação da análise de correspondência entre as variáveis.

Tabela 3.1. Resultado dos testes χ^2 e critério β para as variáveis TSM, concentração de clorofila-*a* (CHLO), e mês em relação à CPUE de camarão na Plataforma Continental do Amazonas.

VARIÁVEIS	χ^2	*linhas*	*colunas*	β
CPUE x TSM	55,50	5	5	9,87
CPUE x CHLO	86,86	5	5	17,72
CPUE x VAZÃO	143,70	5	4	38,02
CPUE x MÊS	302,60	8	5	51,90

A probabilidade de ter ocorrido elevada CPUE (> 13,18 kg.h^{-1}) quando a TSM esteve abaixo de 27,33°C foi de 90,56%, enquanto a probabilidade da CPUE ter sido baixa (0,08 a 3,12 kg.h^{-1}) quando as temperaturas estiveram elevadas (28,76 a 29,54) foi de 96,99% (Tabela 3.2). Dessa forma, as variáveis CPUE e TSM foram consideradas inversamente proporcionais.

Tabela 3.2. Resíduos e nível de confiança (%) resultantes da aplicação de análise de correspondência às variáveis CPUE (kg.h^{-1}) e TSM (°C).

CPUE (kg.h^{-1})	TSM (°C)				
	< 27,33	27,33 - 28,20	28,21 - 28,48	28,49 - 28,75	28,76 - 29,54
0,08 - 3,12	-1,72	-2,34	0,10	0,64	2,17
	0,00	0,00	8,00	47,49	**96,99**
3,13 - 4,66	-0,41	-1,91	-0,61	0,28	2,17
	0,00	0,00	0,00	21,96	**96,99**
4,67 - 7,12	-0,43	1,67	-0,48	0,23	-0,93
	0,00	**90,56**	0,00	18,42	0,00
7,13 - 13,18	2,10	2,48	1,26	-1,22	-3,27
	96,40	**98,69**	79,16	0,00	0,00
> 13,18	1,67	0,71	-0,51	-0,01	-0,98
	90,56	52,21	0,00	0,00	0,00

Os valores destacados em negrito correspondem às relações consideradas significativas ($\gamma \geq 70$)

A probabilidade de terem sido observados baixos valores de CPUE (< 3,12 kg.h^{-1}) quando a concentração de clorofila-*a* esteve abaixo de 4,77 mg.m^{-3} foi de 100,00%, enquanto a probabilidade da CPUE ter sido elevada (7,13 - 13,18 kg.h^{-1}) quando a concentração de clorofila-*a* esteve elevada (> 8,74 mg.m^{-3}) foi de até 99,99% (Tabela 3.3). Assim, as variáveis CPUE e concentração de clorofila-*a* foram consideradas diretamente proporcionais.

Tabela 3.3. Resíduos e nível de confiança (%) resultantes da aplicação da análise de correspondência entre as variáveis CPUE ($kg.h^{-1}$) e concentração de clorofila-*a* ($mg.m^{-3}$).

CPUE ($kg.h^{-1}$)	CONCENTRAÇÃO DE CLOROFILA-*A* ($mg.m^{-3}$)				
	0,45 - 4,77	4,78 - 6,46	6,47 - 8,74	8,75 - 14,72	> 14,72
0,08 - 3,12	4,80	0,64	-2,18	-3,16	-0,98
	100,00	47,49	0,00	0,00	0,00
3,13 - 4,66	0,86	-1,50	2,29	-1,55	-0,58
	61,12	0,00	**97,82**	0,00	0,00
4,67 - 7,12	-2,22	0,41	0,81	0,82	0,57
	0,00	31,86	58,42	58,89	43,23
7,13 - 13,18	-3,30	0,30	-1,19	3,98	1,41
	0,00	23,82	0,00	**99,99**	**84,02**
> 13,18	-1,00	0,49	0,50	0,47	-0,91
	0,00	37,34	38,61	36,27	0,00

Os valores destacados em negrito correspondem às relações consideradas significativas ($\gamma \geq 70$)

A análise de correspondência indicou que maiores valores de CPUE (C4 e C5) estiveram associados à menores temperaturas (T1) (Figura 3.4A) e à maiores valores de concentração de clorofila-*a* (A4) (Figura 3.4B).

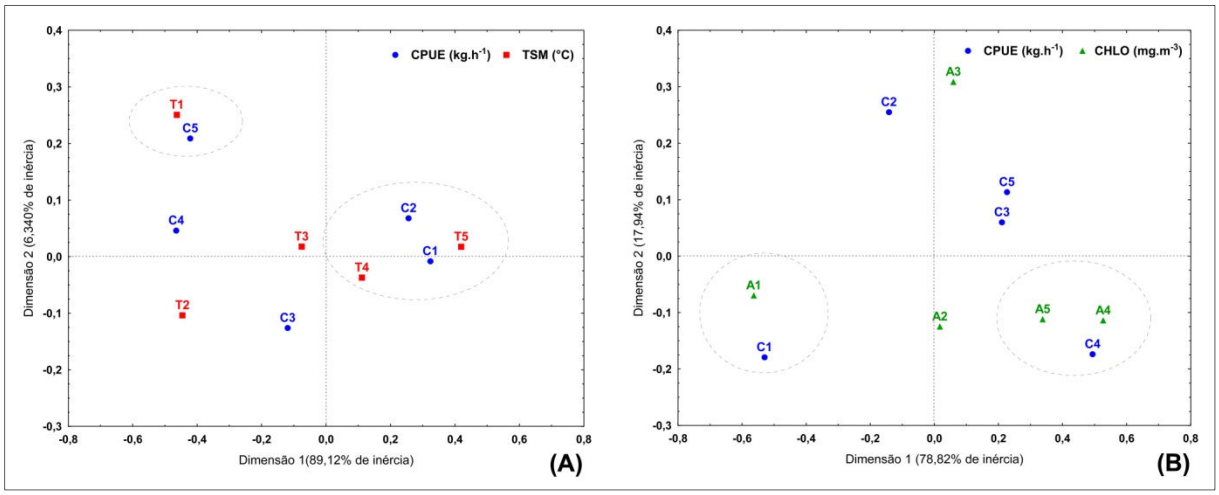

Figura 3.4. Gráfico perceptual da análise de correspondência para as variáveis CPUE e TSM (A) e CPUE e concentração de clorofila-*a* (B).

A probabilidade de terem sido observados baixos valores de CPUE (<3,12 $kg.h^{-1}$) quando a vazão do rio Amazonas esteve abaixo de 178.820 $m^3.s^{-1}$ foi de 100,00%. Já os maiores valores de CPUE (>4,67 $kg.h^{-1}$) estiveram associados às categorias de vazão intermediárias (178.821 - 212.420 $m^3.s^{-1}$; 212.421 - 232.285 $m^3.s^{-1}$), com probabilidades acima de 86,78% (Tabela 3.4).

Tabela 3.4. Resíduos e nível de confiança (%) resultantes da aplicação da análise de correspondência entre as variáveis CPUE ($kg.h^{-1}$) e vazão ($m^3.s^{-1}$)

CPUE ($kg.h^{-1}$)	VAZÃO ($m^3.s^{-1}$)			
	147.180 - 178.820	178.821 - 212.420	212.421 - 232.285	232.286 - 255.440
0,08 - 3,12	8,02	-2,00	-2,57	-3,44
	100,00	0,00	0,00	0,00
3,13 - 4,66	-0,21	-1,82	-0,26	2,29
	0,00	0,00	0,00	**97,82**
4,67 - 7,12	-3,82	2,42	0,77	0,64
	0,00	**98,44**	55,63	47,49
7,13 - 13,18	-4,06	0,92	2,40	0,73
	0,00	64,31	**98,38**	53,43
> 13,18	-0,50	1,51	-0,51	-0,50
	0,00	**86,78**	0,00	0,00

Os valores destacados em negrito correspondem às relações consideradas significativas ($\gamma \geq 70$)

A análise de correspondência indicou que menores valores de CPUE (C1) estiveram associados à menor vazão (V1) (Figura 3.5).

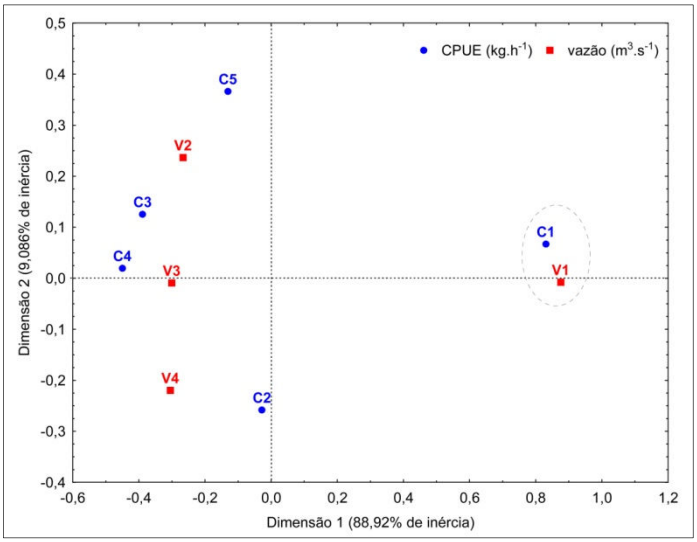

Figura 3.5. Gráfico perceptual da análise de correspondência para as variáveis CPUE e vazão.

3.2. VARIAÇÃO TEMPORAL DA ABUNDÂNCIA RELATIVA DE CAMARÃO-ROSA

A probabilidade de ocorrência de maiores valores de abundância relativa nos meses de fevereiro a abril foi de 93,98 a 100,00%. Junho e julho estiveram fortemente associados (94,64 a 99,3%) à CPUE de 3,12 a 7,12 $kg.h^{-1}$; enquanto agosto e setembro estiveram associados (100,00%) a valores de CPUE inferiores a 3,12 $kg.h^{-1}$ (Tabela 3.5).

Tabela 3.5. Resíduos e nível de confiança (%) resultantes da análise de correspondência entre as variáveis CPUE e mês.

MÊS	CPUE (kg.h^{-1})				
	0,08 - 3,12	3,13 - 4,66	4,67 - 7,12	7,13 - 13,18	> 13,18
FEVEREIRO	-1,65	-0,70	-0,25	2,06	1,88
	0,00	0,00	0,00	**96,09**	**93,98**
MARÇO	-1,67	-1,96	0,34	2,74	2,04
	0,00	0,00	26,85	**99,39**	**95,86**
ABRIL	-3,68	-2,41	-0,40	6,13	2,15
	0,00	0,00	0,00	**100,00**	**96,81**
MAIO	-2,73	0,71	0,45	2,09	-1,07
	0,00	52,04	34,96	**96,29**	0,00
JUNHO	-2,79	0,33	2,38	0,60	-1,37
	0,00	26,12	**98,26**	45,41	0,00
JULHO	-2,12	1,93	3,37	-3,69	0,71
	0,00	**94,64**	**99,93**	0,00	52,21
AGOSTO	6,16	0,54	-2,95	-3,49	-1,34
	100,00	41,25	0,00	0,00	0,00
SETEMBRO	7,44	0,45	-3,29	-4,27	-1,64
	100,00	34,44	0,00	0,00	0,00

Os valores destacados em negrito correspondem às relações consideradas significativas ($\gamma \geq 70$)

É possível observar a ocorrência de três períodos com diferentes níveis de produção. O início da temporada, de fevereiro a abril, esteve associado à maior abundância relativa de camarão-rosa (C4, C5). Nos meses seguintes ocorreu uma redução gradativa da CPUE, que de maio a julho esteve entre 7,12 e 3,12 kg.h^{-1} (C3, C2); e de agosto a setembro, esteve entre 3,12 e 0,08 kg.h^{-1} (C1) (Figura 3.6).

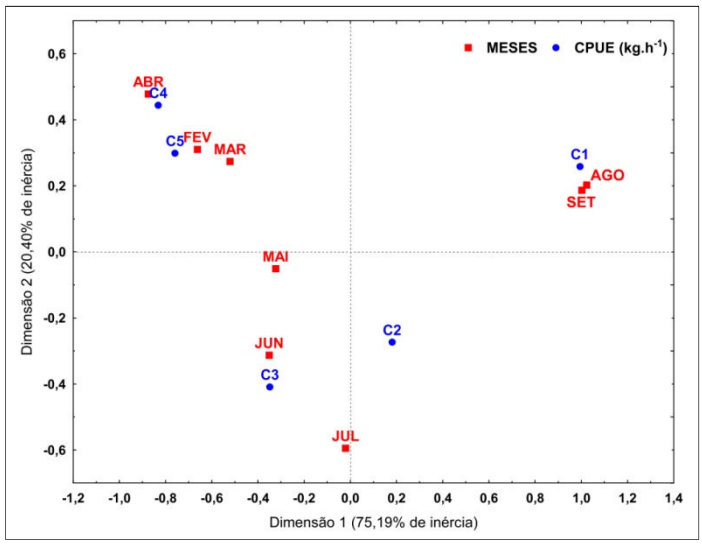

Figura 3.6. Gráfico perceptual da análise de correspondência para as variáveis CPUE e meses.

Os resultados da interpolação dos dados de TSM e concentração de clorofila-*a* são apresentados nas Figuras 3.7 e 3.8, respectivamente.

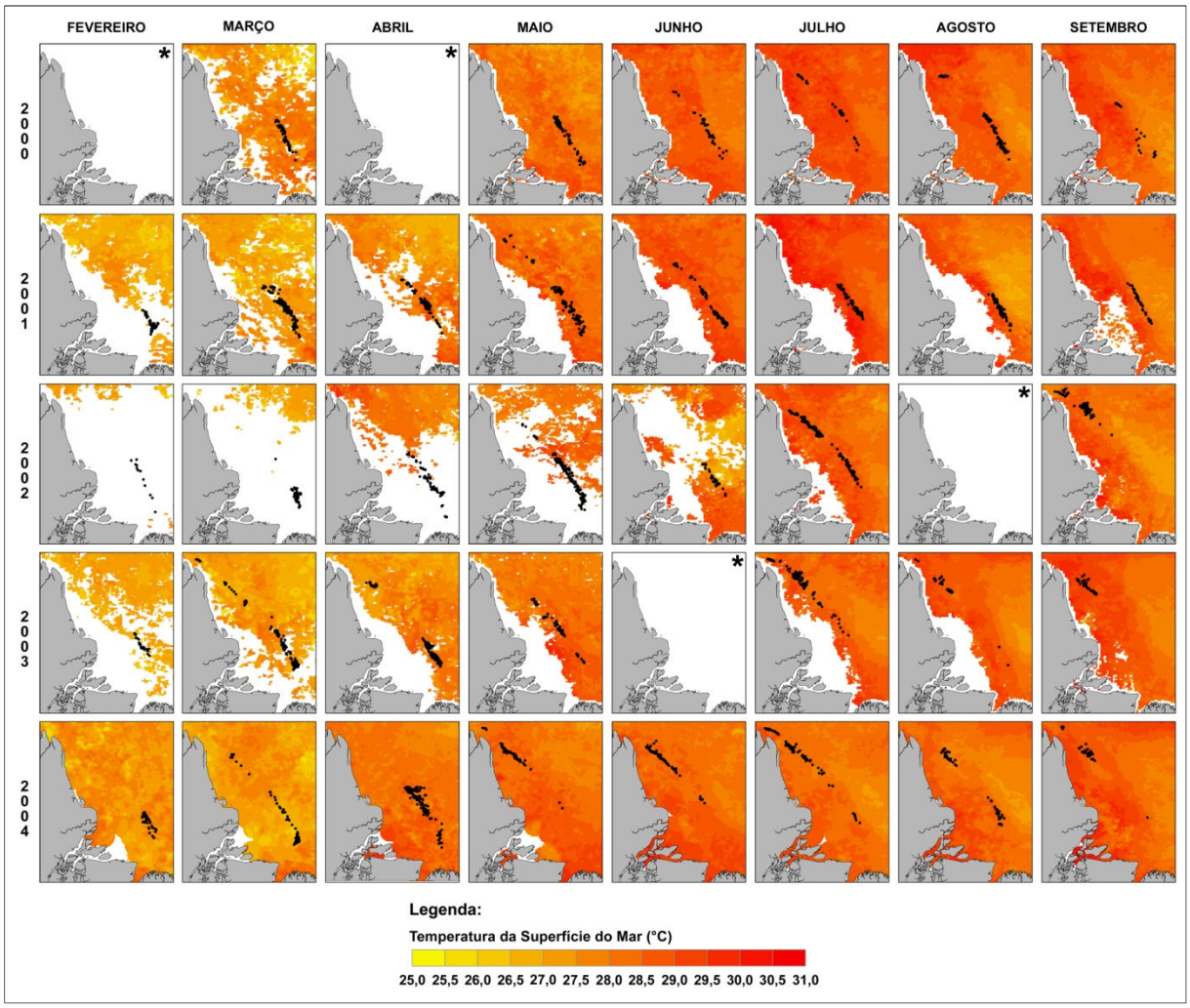

Figura 3.7. Localização dos pontos de pesca e interpolação dos dados de TSM.
* dados não disponíveis

Nas Figuras 3.7 e 3.8 também estão representados os pontos de pesca. Observando as séries de TSM e concentração de clorofila-*a*, nota-se que as menores temperaturas ocorreram no primeiro semestre, assim como as maiores concentrações de clorofila-*a*.

Ainda é possível observar que no primeiro semestre, a pesca se concentrou na área do Amazonas, enquanto, no segundo semestre, foi mais comum o deslocamento das embarcações até o Litoral do Amapá.

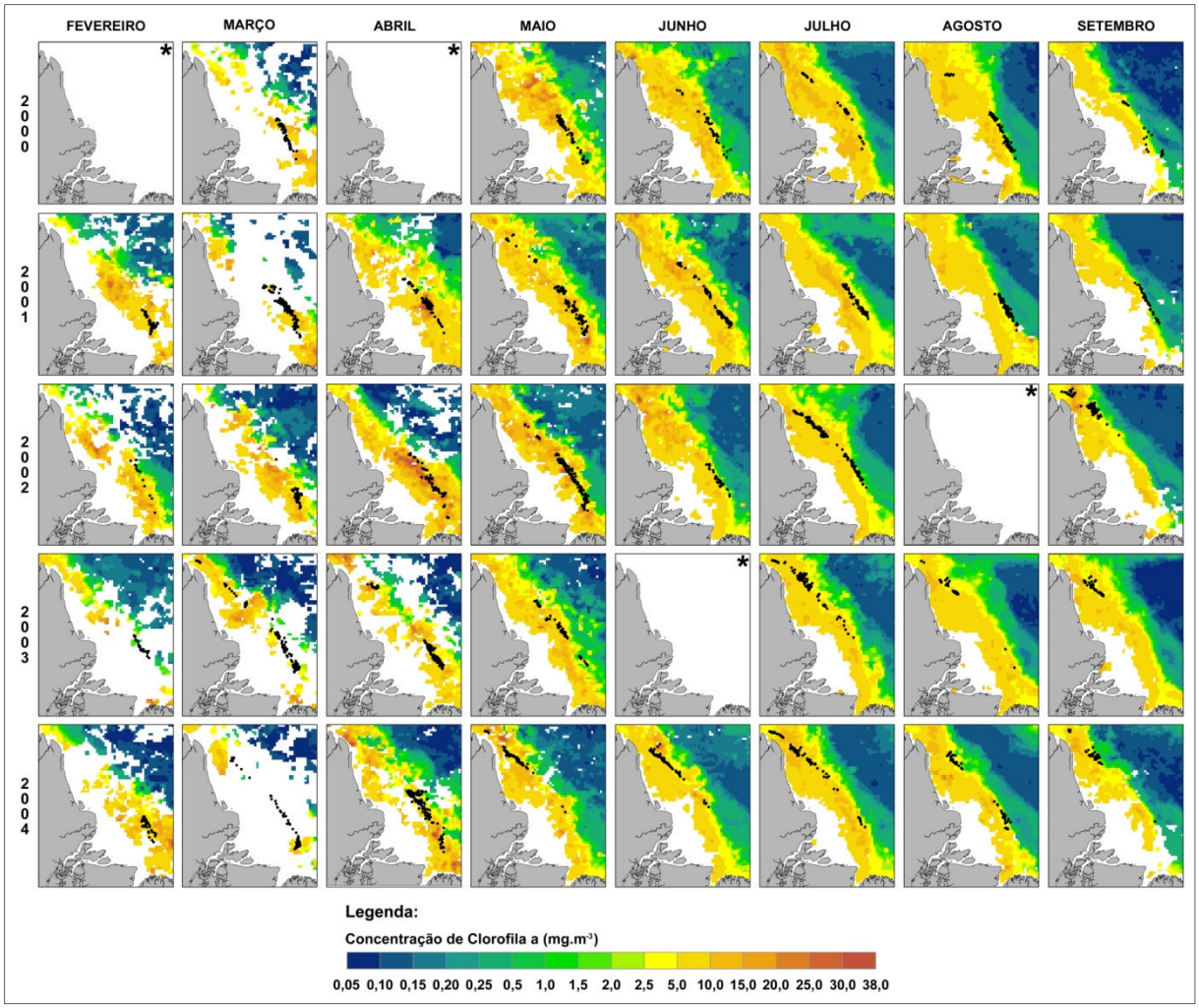

Figura 3.8. Localização dos pontos de pesca e interpolação dos dados de concentração de clorofila-*a*. * dados não disponíveis.

4. DISCUSSÃO

Apesar do camarão ser uma espécie bentônica, as variáveis obtidas por sensoriamento remoto são uma fonte de dados de custo relativamente baixo e de fácil acesso, se comparada às análises tradicionais. Essas variáveis podem não estar diretamente associadas à distribuição de organismos bentônicos, como observado para recursos pelágicos, mas têm influência indireta sobre as características ambientais do habitat bentônico. A percepção dessas associações pode ser mais eficiente com a análise de séries históricas, como em Li e Clarke (2005), que utilizaram uma séria histórica de anomalia de TSM para estimar a população de *F. aztecus* (Ives, 1891) no golfo do México.

É importante salientar que leituras obtidas por observações sinópticas para a concentração de clorofila-*a* são influenciadas por sedimentos em suspensão na coluna d'água. Assim, a concentração de clorofila-*a*, medida pelo SeaWIFS na Plataforma Continental do Amazonas, pode apresentar interferência da descarga de sedimentos. É possível notar que maiores concentrações médias mensais de clorofila-*a* ocorrem nos primeiros meses do ano, coincidindo com o período de maior descarga do rio (Figura 3.8). O maior aporte de água doce ocorrido no primeiro semestre também contribui para a diminuição da temperatura da superfície do mar (Figura 3.7). Vários estudos encontraram relações entre capturas de camarões peneídeos e níveis de precipitação ou taxa de descarga de rios (LONGHURST; PAULY, 2007). Na própria Plataforma Continental do Amazonas, Isaac, Dias-Neto e Damasceno (1992) afirmaram que a CPUE alcançava maiores valores nos meses com maiores índices pluviométricos, de fevereiro a abril.

Há uma tendência dos barcos se deslocarem para locais de pesca mais ao norte com o avançar dos meses. Esse deslocamento é provavelmente impulsionado pela disponibilidade do recurso, entretanto a CPUE diminui ao longo do ano mesmo com o deslocamento da frota. Na área de pesca ao norte do Amazonas, as condições ambientais tornam as operações de pesca mais difíceis, o que pode ser mais um fator determinante para a diminuição da CPUE no segundo semestre. Dragovich (1981) também relatou a ocorrência de maiores capturas no período de março a julho em detrimento aos outros meses do ano, assim como observado neste trabalho.

O deslocamento gradual para áreas mais ao norte já ocorria nas primeiras décadas de exploração do recurso. No período anterior a década de 1970, quando não havia restrições à pesca na área Brasil-Guianas, o deslocamento da frota pesqueira obedecia a um padrão: a pescaria se concentrava em águas brasileiras no começo do ano (até maio), havia então um deslocamento gradual para pesqueiros da Guiana Francesa (de maio a julho), e depois para pesqueiros do Suriname (de julho a setembro) e da Guiana (setembro a dezembro) (DRAGOVICH, 1981).

5. CONCLUSÃO

As variáveis TSM e concentração de clorofila-*a* estão associadas à variação da abundância relativa de camarão-rosa, entretanto, a descarga do rio Amazonas parece ser o fator que promove as alterações dessas variáveis.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A frota de pesca industrial do camarão-rosa opera em uma faixa da Plataforma Continental do Amazonas que se estende da altura da foz do rio Pará até o Cabo Orange. Essa faixa é dividida em duas áreas de pesca que apresentam características distintas: Amazonas e Litoral do Amapá. A morfologia de fundo, a batimetria e a abundância relativa de camarão-rosa diferem entre as duas áreas.

A área denominada Amazonas recebe influência direta da descarga do rio Amazonas, apresentando condições mais homogêneas, mesmo com a variação da profundidade, não favorecendo nenhum tipo de correlação entre CPUE e profundidade. O mesmo não ocorre no Litoral do Amapá, onde há uma relação inversa entre CPUE e profundidade.

Uma estreita faixa de lama concentra características que favorecem a ocorrência de camarão-rosa, como tipo de substrato, relevo submarino, taxa de sedimentação e salinidade. É nessa faixa de lama mosqueada que a frota industrial atua com maior intensidade, o que, inclusive, impediu comparações entre a abundância relativa observada nos diferentes tipos de substrato.

A CPUE mostrou-se associada às variáveis temperatura da superfície do mar e concentração de clorofila-*a*, que por sua vez podem expressar uma forte influência da descarga do rio Amazonas. Maiores valores de CPUE estiveram associados a menores temperaturas e a maiores valores de concentração de clorofila-*a*, o que ocorre no primeiro semestre, quando a vazão do rio Amazonas é maior.

Há uma tendência dos barcos se deslocarem para locais de pesca mais ao norte com o decorrer dos meses. A CPUE diminui ao longo do ano, acompanhando a redução da descarga do rio Amazonas. É possível observar a ocorrência de três períodos com diferentes níveis de produção: fevereiro a abril, com maior abundância relativa de camarão-rosa; maio a julho; e agosto a setembro, com menor abundância.

A compreensão dos fatores ambientais que influenciam a abundância de camarão-rosa na Plataforma Continental do Amazonas é o primeiro passo para o desenvolvimento de modelos para a previsão de safras. Entretanto o sucesso de um modelo não depende apenas da compreensão da biologia de *F. subtilis* e do habitat

ideal para sua sobrevivência, mas também da compreensão da base econômica que rege essa pescaria.

A Plataforma Continental do Amazonas é um ambiente dinâmico que suporta uma considerável diversidade de espécies. Informações georreferenciadas provenientes da pesca comercial, como as utilizadas neste trabalho, assim como informações provenientes de pesquisa pesqueira e de sistemas de monitoramento e controle da frota, como sistemas de monitoramento de embarcações por satélites e registros de mapas de bordo, são uma valiosa fonte de dados para o manejo pesqueiro. Combinando essas informações com dados ambientais em um SIG, é possível identificar padrões de distribuição da abundância de camarão-rosa, e de outros recursos de importância econômica, e compreender como eles variam no espaço e no tempo. Dessa forma é possível gerar informações para subsidiar um ordenamento pesqueiro mais eficiente, garantindo a sustentabilidade do uso do recurso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Águas (ANA). Dados hidrológicos. Séries históricas: Vazão. Estações Acará, Altamira e Óbidos. Disponível em: http://hidroweb.ana.gov.br/. Acesso em: 20/01/2010.

ARAGÃO, J. A. N.; SILVA, K. C. A. National report of Brazil. *In*: FAO/Western Central Atlantic Fishery Commission. **National reports presented and stock assessment reports prepared at the CFRAMP/FAO/DANIDA Stock Assessment Workshop on the Shrimp and Groundfish Fisheries on the Guiana-Brazil Shelf**. Port-of-Spain, Trinidad and Tobago, de 7 a 18 de abril de 1997. FAO Fisheries Report 600. Roma: FAO, 1999. 200 p.

ARAGÃO, J. A. N.; CINTRA, I. H. A.; SILVA, K. C. A.; VIEIRA, I. J. A. A explotação camaroeira na costa norte do Brasil. **Boletim Técnico Científico do CEPNOR**, v. 1, n. 1, p. 7-40, 2001.

BARTHEM, R.; GOULDING, M. **Um ecossistema inesperado: a Amazônia revelada pela pesca**. Lima: Amazon Conservation Association (ACA) e Sociedade Civil Mamirauá, 2007. 241 p.

BRASIL. Portaria SUDEPE nº 11, de 13 de maio de 1987. Proíbe a pesca com qualquer tipo de arrasto por embarcações motorizadas, a menos de 10 (dez) milhas da costa, nas águas sob jurisdição nacional, compreendidas entre a fronteira do Brasil com a Guiana Francesa e a divisa do Estado do Pará com o Estado do Maranhão.

BRASIL. Portaria IBAMA nº 5, de 19 de fevereiro de 1997. Obriga o uso de dispositivo de escape para tartarugas, denominado TED, incorporado as rede de arrasto na pesca de camarão.

BRASIL. Instrução Normativa MMA nº 007, de 10 de julho de 2002. Limita a frota de arrasto que opera na captura de camarões rosa, branco e sete barbas, na área compreendida entre a fronteira da Guiana Francesa com o Brasil e a divisa dos Estados do Piauí e Ceará.

BRASIL. Instrução Normativa MMA nº 9, de 14 de setembro de 2004. Dispõe sobre a proibição, anual, no período de 15 de outubro a 15 de fevereiro, do exercício da pesca de arrasto com tração motorizada para a captura de camarões rosa, branco e sete barbas.

BRASIL. Instrução Normativa SEAP/MMA nº 26, de 19 de julho de 2005. Estabelece critérios e procedimentos para preenchimento e entrega de Mapas de Bordo.

BRASIL. Instrução Normativa SEAP/MMA nº 2, de 04 de setembro de 2006. Institui o Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite (PREPS).

BRUCKS, J. T.; LEMING, T. D.; JONES, A. C. **Relationship between shrimp distribution off South America and coastal turbidity patterns viewed from space**. Contribution n° 224, Unpublished manuscript in the Southeast Fisheries Center, National Marine Fisheries Science, NOAA, Miami, Florida 33149.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística básica**. 5. ed., São Paulo: Saraiva, 2003.

CADDY, J. F.; GARCIA, S. Fisheries thematic mapping: A prerequisite for intelligent management and development of fisheries. **Océanographie Tropicale***,* v. 21, n. 1, p. 31-52, 1986.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Org.). **Introdução à ciência da geoinformação.** São José dos Campos: INPE, 2001.

CASTREJÓN, H.; PÉREZ-CASTAÑEDA, R.; DEFEO, O. Spatial structure and bathymetric patterns of penaeoid shrimps in the southwestern Gulf of Mexico. **Fisheries Research**, v. 72, p. 291-300, 2005.

CLARK, R. D.; CHRISTENSEN, J. D.; MONACO, M. E.; CALDWELL, P. A.; MATTHEWS, G. A.; MINELLO, T. J. A habitat-use model to determine essential fish habitat for juvenile brown shrimp (*Farfantepenaeus aztecus*) in Galveston Bay, Texas. **Fishery Bulletin**, v. 102, n. 2, p. 264-277, 2004.

COSTERTON, J. W., IRVIN, R. T. The bacterial glycocalyx in nature and disease. **Annual Review of Microbiology**, v. 35, p. 299-324, 1981.

DALL, W.; HILL, B. J.; ROTHLISBERG, P. C.; STAPLES, D. J. **Advances in marine biology (vol. 27): The biology of the Penaeidae**. London: Academic Press, 1990. 489 p.

D'ALGE, J. C. L. Cartografia para geoprocessamento. *In*: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Org.). **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001.

DIAS-NETO, J. **Gestão do uso dos recursos pesqueiros marinhos no Brasil**. Brasília: IBAMA, 2003. 242 p.

D'INCAO, F. **Taxonomia, padrões distribucionais e ecológicos dos Dendrobranchiata (CRUSTACEA: DECAPODA) do Brasil e Atlântico Ocidental**. Tese apresentada à Universidade Federal do Paraná, Curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Zoologia para obtenção do título de doutor emciencias área de zoologia. Curitiba, 1995. 365 p.

DRAGOVICH, A. Guianas-Brazil shrimp fishery and related U. S. research activity. **Marine fisheries review**, v. 43, n. 2, p. 9-18, 1981.

ESRI (Environmental Systems Research Institute). **What is ArcGIS?** ESRI Software 9.3 Library, 2008. 130 p.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **Code of Conduct for Responsible Fisheries**. Roma: FAO, 1995. 41 p.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **The state of world fisheries and aquaculture 2008**. Roma: FAO Fisheries and Aquaculture Department, 2009. 176 p.

FISCHER, L. G.; HAIMOVICI, M. Anexo II: Ilustrações das divisões do mar e de petrechos utilizados nas prospecções pesqueiras. *In*: HAIMOVICI, M. (Org.) **A prospecção pesqueira e abundância de estoques marinhos no Brasil nas décadas de 1960 a 1990: levantamento de dados e avaliação crítica**. Brasília: MMA/SMCQ, 2007. p. 125-141.

GARCÍA, S.; LE RESTE, S. **Ciclos vitales, dinámica, explotación y ordenación de las poblaciones de camarones peneidos costeros**. FAO Documento Técnico de Pesca 203, 1986. 180 p

GIBBS, R. J. The Geochemistry of the Amazon River System: Part I. The factors that control the salinity and the composition and concentration of the suspended solids. **Geological Society of America Bulletin**, v. 78, p. 1203-1232, 1967.

GIBBS, R. J. Circulation in the Amazon River estuary and adjacent Atlantic Ocean. **Journal of Marine Research**, v. 28, p. 113-123, 1970.

GILLETT, R. **Global study of shrimp fisheries**. FAO Fisheries Technical Paper 475. Roma: FAO, 2008. 331p.

GRAAF, G.; MARTTIN, F.; AGUILAR-MANJARREZ, J.; JENNESS, J. **Geographic Information Systems in Fisheries Management and Planning: Technical manual**. Roma: FAO, 2003. 162 p. (FAO Fisheries Technical Paper 449).

HOLTHUIS, L. B. **Shrimps and prawns of the world: An annotated catalogue of species of interest to fisheries**. FAO species catalogue. Vol.1. FAO Fisheries Synopsis. 125. Roma: FAO, 1980. 271 p.

IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). **Estatística da pesca 2007 Brasil: grandes regiões e unidades da federação**. Brasília: Ibama, 2008. 151 p.

IDESP (Instituto do Desenvolvimento Econômico-Social do Pará). **A pesca no Pará: a sócio-economia da fauna acompanhante do camarão na costa norte do Brasil e a comercialização da pesca artesanal em Belém, Vigia e Bragança**. Belém: IDESP, 1989. 115 p.

IOC (Intergovernmental Oceanographic Commission); IHO (International Hydrographic Organization); BODC (British Oceanographic Data Centre). **Centenary Edition of the GEBCO Digital Atlas**, published on CD-ROM as part of the General Bathymetric Chart of the Oceans, British Oceanographic Data Centre, Liverpool, U.K. 2003. Disponível em: http://www.gebco.net/

ISAAC, V. J.; DIAS-NETO, J.; DAMASCENO, F. G. **Camarão-rosa da Costa Norte: biologia, dinâmica e administração pesqueira**. Brasília: IBAMA, 1992. 187 p. (Coleção Meio Ambiente, Série Estudos Pesca; n. 1).

ISAAC, V. J.; BRAGA, T. M. P. Rejeição de pescado nas pescarias da região norte do Brasil. **Arquivo de Ciências do Mar**, v. 32, p. 39-54, 1999.

ISAAK, D. J.; HUBERT, W. A. Integrating new technologies into fisheries science: the application of geographic information systems. **Fisheries**, v. 22, n. 1, p. 6-11, 1997.

KING, M. **Fisheries biology, assessment and management**. Oxford: Fishing New Books, 1995. 342p.

KUEHL, S. A.; NITTROUER, C. A.; DeMASTER, D. J. Modern sediment accumulation and strata formation on the Amazon continental shelf. **Marine Geology**, v. 49, p. 279-300, 1982.

KUEHL, S. A.; NITTROUER, C. A.; DeMASTER, D. J. Distribution of sedimentary structures in the Amazon subaqueous delta. **Continental Shelf Research**, v.6, n.1/2, p. 311-336, 1986. Estrutura sedimentar

KUEHL, S. A.; DeMASTER, D. J.; NITTROUER, C. A. Nature of sediment accumulation on the Amazon continental shelf. **Continental Shelf Research***,* v. 6, n. 1/2, p. 209-225, 1986. Taxa de sedimentação

LAGARDE, J. **Initiation à l'analyse des données**. Paris: Dunod, 1995. 162 p.

LENTZ, S. J.; LIMEBURNER, R. The Amazon River plume during AMASSEDS: spatial characteristics and salinity variability. **Journal of Geophysical Research**, v. 100, p. 2355-2375, 1995.

LI, J.; CLARKE, A. J. Sea surface temperature and the brown shrimp (*Farfantepenaeus aztecus*) population on the Alabama, Mississippi, Louisiana and Texas continental shelves. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 64, p. 261-266, 2005.

LONGHURST, A. R.; PAULY, D. **Ecologia dos oceanos tropicais**. São Paulo: EDUSP, 2007. 424 p.

MARTINEZ, J. M.; GUYOT, J. L.; FILIZOLA, N.; SONDAG, F. Increase in suspended sediment discharge of the Amazon River assessed by monitoring network and satellite data. **CATENA**, v. 79, p. 257-264, 2009.

MEADE, R. H.; NORDIN, C. F.; CURTIS, W. F.; RODRIGUES, F. M. C.; VALE, C. M.; EDMOND, J. M. Sediment loads in the Amazon River. **Nature**, v. 278, p. 161-163, 1979.

MEADEN, G. J.; CHI, T. **Geographical information systems: applications to marine fisheries**. Roma: FAO, 1996. 335 p. (FAO Fisheries Technical Paper 356)

MEADEN, G. GIS in Fisheries Management. **GeoCoast**, v. 1, n. 1, p. 82-101, 2000.

MOLLERI, G. S. F.; NOVO, E. M. L. M.; KAMPEL, M. Space-time variability of the Amazon River plume based on satellite ocean color. **Continental Shelf Research**, v. 30, n. 3-4, p. 342–352, 2010.

MOSCAROLA, J. **Enquêtes et analysis de données**. Paris: Vuibert, 1990. 307 p.

NASA GES DISC. Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center Interactive Online Visualization ANd aNalysis Infrastructure (GIOVANNI). Ocean Biology Processing Group (OBPG). Concentração de clorofila-*a*: produto SWFMO_CHLO.R2009. Disponível em: http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni/. Acesso em: 18/03/2010.

NASA Jet Propulsion Laboratory. Physical Oceanography Distributed Active Archive Center (PO.DAAC). Temperatura da superfície do mar: AVHRR Pathfinder Versão 5. Online PO.DAAC Ocean ESIP Tool (POET). Disponível em: http://poet.jpl.nasa.gov. Acesso em: 19/05/2010.

NITTROUER, C. A.; DeMASTER, D. J. Sedimentary processes on the Amazon continental shelf: past, present and future research. **Continental Shelf Research**, v. 6, n. 1/2, p. 5-30, 1986.

NITTROUER, C. A.; DeMASTER, D. J. The Amazon shelf setting: tropical, energetic, and influenced by a large river. **Continental Shelf Research**, v. 16, n. 5/6, p. 553-573, 1996.

NITTROUER, C. A.; KUEHL, S. A.; DeMASTER, D. J.; KOWSMANN, R. O. The deltaic nature of Amazon shelf sedimentation. **Geological Society of America Bulletin**, v. 97, p. 444-458, 1986.

PAIVA, M. P. (Coord.). **Recursos pesqueiros estuarinos e marinhos do Brasil**. Fortaleza: EUFC, 1997. 278 p.

PÉREZ-CASTAÑEDA, R.; DEFEO, O. Spatial distribution and structure along ecological gradients: penaeid shrimps in a tropical estuarine habitat of Mexico. **Marine Ecology Progress Series**, v. 273, p. 173-185, 2004.

RAMOS, E. M. L. S.; ALMEIDA, S. S.; ARAÚJO, A. R. (Org.). **Segurança pública: uma abordagem estatística e computacional**. Belém: EDUFPA, 2008.

RIOLO, F. A geographic information system for fisheries management in American Samoa. **Environmental Modelling & Software**, v. 21, p. 1025-1041, 2006.

SILVA, A. C.; ARAÚJO, M.; BOURLÈS, B. Variação sazonal da estrutura de massas de água na Plataforma Continental do Amazonas e área oceânica adjacente. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 23, n. 2, p. 145-157, 2005.

SILVA, K. C. A.; MUNIZ, A. P. M.; RAMOS-PORTO, M.; VIANA, G. F. S.; CINTRA, I. H. A. Camarões da Superfamília Penaeoidea Rafinesque, 1815 capturados durante pescarias experimentais para o Programa REVIZEE/NORTE (CRUSTACEA: DECAPODA). **Boletim Técnico Científico do CEPNOR**, v. 2, n. 1, p. 9-40, 2002.

SMITH-JR, W. O.; DeMASTER, D. J. Phytoplankton biomass and productivity in the Amazon River plume: correlation with seasonal river discharge. **Continental Shelf Research**, v. 16, n. 3, p. 291-319, 1996.

SOUSA, G. C. **Sistema de informação geográfica (SIG) aplicado ao gerenciamento da pesca industrial da piramutaba *Brachyplatystoma vaillantii* (Valenciennes, 1840) na foz do rio Amazonas**. Dissertação de Mestrado em Ecologia de Ecossistemas Costeiros e Estuarinos, Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Bragança, Pós-Graduação em Biologia Ambiental, 2007. 135 p.

STUDART-GOMES, P. R. **A pesca industrial do camarão-rosa no norte do Brasil**. *In*: V Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca, CONBEP 1987, de 26 a 31 de julho de 1987. Fortaleza: Associação dos Engenheiros de Pesca do Ceará, 1988.

THOMPSON, F. L.; ABREU, P. C.; CAVALLI, R. The use of microorganisms as food source for *Penaeus paulensis* larvae. **Aquaculture**, v. 174, p. 139-153, 1999.

ZAGAGLIA, C. R.; HAZIN, F. H. V. Sensoriamento remoto aplicado à pesca. *In*: SOUZA, R. B. (Org.). **Oceanografia por satélites**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 382 p.