



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PESCA**

**ÍTALO RÉGIS CASTELO BRANCO ROCHA**

**ASPECTOS TÉCNICOS, ECONÔMICOS E AMBIENTAIS DE FAZENDAS DE  
CULTIVO DE CAMARÃO MARINHO NOS ESTUÁRIOS DOS RIOS JAGUARIBE,  
COREAÚ E ACARAÚ, CEARÁ, BRASIL**

**FORTALEZA**

**2017**

ÍTALO RÉGIS CASTELO BRANCO ROCHA

ASPECTOS TÉCNICOS, ECONÔMICOS E AMBIENTAIS DE FAZENDAS DE  
CULTIVO DE CAMARÃO MARINHO NOS ESTUÁRIOS DOS RIOS JAGUARIBE,  
COREAÚ E ACARAÚ, CEARÁ, BRASIL

Tese de Doutorado submetida à  
Coordenação do Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia de Pesca da  
Universidade Federal do Ceará, como  
requisito parcial para obtenção do título de  
Doutor em Engenharia de Pesca. Área de  
concentração: Recursos Pesqueiros e  
Engenharia de Pesca

Orientador: Prof. Dr. Francisco Hiran  
Farias Costa.

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo autor

---

- R577a Rocha, Ítalo Régis Castelo Branco.  
Aspectos técnicos, econômicos e ambientais de fazendas de cultivo de camarão marinho nos estuários dos rios Jaguaribe, Coreaú e Acaraú, Ceará, Brasil. / Ítalo Régis Castelo Branco Rocha. - 2017.  
117 f.: il. color.  
Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2017.  
Orientação: Prof. Dr. Francisco Hiran Farias Costa

1. Manguezais. 2. Impactos ambientais 3. *Penaeus vannamei*. I. Título.

CDD 639.2

---

ÍTALO RÉGIS CASTELO BRANCO ROCHA

ASPECTOS TÉCNICOS, ECONÔMICOS E AMBIENTAIS DE FAZENDAS DE  
CULTIVO DE CAMARÃO MARINHO NOS ESTUÁRIOS DOS RIOS JAGUARIBE,  
COREAÚ E ACARAÚ, CEARÁ, BRASIL

Tese de Doutorado submetida à  
Coordenação do Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia de Pesca  
da Universidade Federal do Ceará,  
como requisito parcial para a  
obtenção do grau de Doutor em  
Engenharia de Pesca. Área de  
Concentração: Recursos Pesqueiros  
e Engenharia de Pesca.

Tese aprovada em: 20 / 02 / 2017

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Francisco Hiran Farias Costa (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Luis Parente Maia  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Aldeney Andrade Soares Filho  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Pedro Carlos Cunha Martins  
Universidade Federal do Rural do Semi-Árido (UFERSA)

---

Prof. Dr. Glacio Souza Araújo  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)



## DEDICO

A Albani e Rosicler, meus pais;

A Leny, minha madrinha e segunda mãe;

A Luthane Rocha, minha esposa;

A Luthelly e Luihanny, minhas filhas; e

A todos que vibraram com esta conquista.

*“IN MEMORIAM”*

A meu irmão, **Marcos Vinícius Castelo Branco Rocha**, mesmo sem sua presença física, com certeza, ajudou-me a vencer mais esta etapa de minha vida, de onde ele estiver.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, que esteve sempre ao meu lado nos momentos fáceis e mais difíceis de minha vida, pois sem sua força não chegaria até aqui.

Ao Professor Francisco Hiran Farias Costa, pela orientação nesta Tese, além da colaboração na construção das minhas carreiras acadêmica e profissional.

Aos Professores Luis Parente Maia, Aldeney Andrade Soares Filho, Pedro Carlos Cunha Martins e Glacio Souza Araújo, pela amizade e participação na análise deste trabalho, como membros da Banca Examinadora.

Ao Departamento de Engenharia de Pesca do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, por ceder suas instalações que viabilizaram a obtenção de um novo grau acadêmico.

A Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca, do Departamento de Engenharia de Pesca do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, por ceder seus recursos humanos para que fosse possível a obtenção do Grau de Doutor.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da Bolsa de Doutorado, possibilitando transpor todos os obstáculos para a conclusão dessa etapa da minha carreira discente.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia - IFCE, mais especificamente o Campus Morada Nova, por permitir a conclusão dessa etapa de minha carreira profissional.

A Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará - SEMACE, pelo fornecimento de dados utilizados para realização deste trabalho.

A Associação Brasileira de Criadores de Camarão - ABCC, pela substancial colaboração na realização deste trabalho, em especial ao seu Presidente Dr. Itamar de Paiva Rocha.

A Associação Cearense de Criadores de Camarão - ACCC, pela valorosa colaboração na realização deste trabalho, em especial ao seu Presidente Dr. Cristiano Peixoto Maia.

Aos Professores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE, campus Morada Nova, Anderson Alan da Cruz Coelho, Antônio Glaydson Lima Moreira, Leonardo Freitas Glavão de Albuquerque, Renato Teixeira Moreira e em especial ao Professor Sérgio Alberto Apolinário Almeida, pela colaboração na distribuição das disciplinas e atividades, permitindo a disponibilidade de tempo para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Pesca.

Aos meus alunos dos cursos de Engenharia de Aquicultura, Técnico em Aquicultura, Técnico em Edificações, Técnico em Informática e Técnico em Segurança do Trabalho, do qual sou Coordenador, que colaboraram na construção e melhoria do meu perfil docente.

Aos colegas e amigos servidores lotados no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE, campus Morada Nova, aos quais agradeço imensamente pelo entusiasmo e alegria na conquista dessa nova titulação.

Ao Geólogo Gleidson da Costa Gastão, pela ajuda e atenção na elaboração dos arquivos gráficos incluídos nesse trabalho.

Ao Técnico Administrativo em Educação o Sr. Ramon dos Santos Albuquerque, pela verificação da tradução para o português dos três trabalhos científicos contidos nessa Tese.

Ao Dr. Tadeu Dote Sá, proprietário da empresa GEOCONSULT – Consultoria, Geologia e Meio Ambiente LTDA, por ceder profissionais qualificados auxiliando no processamento das imagens e elaboração dos mapas contidos nessa Tese.

A todos os colegas, professores e funcionários do Curso de Doutorado em Engenharia de Pesca com os quais tive a honra de partilhar momentos de profissionalismo, entusiasmo, dedicação e companheirismo.

Por fim, agradeço ao nosso Excelentíssimo Presidente da República, Michel Miguel Elias Temer Lulia, por permitir a obtenção do título de Doutor em Engenharia de Pesca em uma universidade pública, diante desta recessão.

“O homem vive procurando as causas e culpados por padecer com seus problemas, mas deveria conseguir forças e aliados para vencê-los.” (Ítalo Rocha)

## RESUMO

O Brasil é o terceiro maior produtor de camarão branco, *Penaeus vannamei*, cultivado na América Latina. No País, a produção de camarão branco teve início durante a década de 1980, estimulada em resposta à demanda do mercado internacional por camarão de alto valor comercial. O Estado do Ceará está em primeiro lugar no *ranking* de produção e de eficiência produtiva. Apesar da importância econômica do camarão cultivado, uma série de problemas técnicos, ambientais, econômicos e sociais tem sido amplamente relatados na literatura internacional. Assim, visando analisar os impactos técnicos, ambientais e socioeconômicos relacionados ao cultivo de camarão nos sistemas semi-intensivo e intensivo no Estado do Ceará e, identificar alternativas para a produção sustentável, foi realizado um estudo nas áreas estuarinas dos rios Jaguaribe, Acaraú e Coreaú que representam as três principais áreas de produção do nosso Estado. A metodologia foi dividida em quatro ações principais: 1) Caracterização dos processos produtivos das fazendas de camarão, sendo a metodologia baseada em observações de campo, entrevistas, análise secundária dos dados, fontes externas, incluindo documentos oficiais e literatura acadêmica; 2) Caracterização dos benefícios e problemas da carcinicultura com a metodologia baseada em coleta de informações sobre os benefícios e problemas dessa indústria. Os aspectos negativos incluem os problemas técnicos, ambientais, econômicos e sociais; 3) Processamento de imagens satélites com a metodologia baseada na identificação e localização das fazendas de camarão usando imagens satélites com uma resolução de 15 m por pixel (Landsat Geocover de 1999-2000, Landsat 8). Em seguida, mapas temáticos detalhados foram confeccionados por meio das técnicas de interpretação digital de imagens, usando os softwares SPRING 4.2 e ArcGIS 9.0. 4) Análises de amostras de água, sendo a metodologia baseada na interpretação de laudos de coletas de água em fazendas de camarão, realizados no período de 2010-2012. Assim este estudo poderá colaborar com a divulgação das boas práticas de manejo, com o desenvolvimento de políticas públicas e a desmistificação das principais críticas atribuídas à carcinicultura brasileira, facilitando o seu desenvolvimento de forma sustentável.

**Palavras-chave:** Manguezais. Impactos ambientais. *Penaeus vannamei*.

## ABSTRACT

Brazil is the third largest producer of white shrimp, *Penaeus vannamei*, grown in Latin America. In the country, white shrimp production started during the 1980s, stimulated in response to the international market demand for shrimp of high commercial value. The State of Ceará is in first place in the ranking of production and productive efficiency. Despite the economic importance of farmed shrimp, a number of technical, environmental, economic and social problems have been widely reported in the international literature. Thus, to analyze the technical, environmental and socio-economic impacts related to shrimp farming in the semi-intensive and intensive systems in the State of Ceará, and to identify alternatives for sustainable production, a study was carried out in the estuarine areas of the Jaguaribe, Acaraú and Coreaú that represent the three main production areas of the State of Ceará. The methodology was divided into four main actions: 1) Characterization of the productive processes of the shrimp farms, being the methodology based on field observations, interviews, secondary data analysis, external sources, including official documents and academic literature; 2) Characterization of the benefits and problems of marine shrimpfarm with the methodology based on gathering information about the benefits and problems of this industry. Negative aspects include technical, environmental, economic and social problems; 3) Satellite image processing with the methodology based on the identification and location of the marine shrimp farms using satellite images with a resolution of 15 m per pixel (Landsat Geocover 1999-2000, Landsat 8) Detailed thematic maps were then prepared using digital image interpretation techniques using SPRING 4.2 and ArcGIS 9.0 software. 4) Analysis of water samples, being the methodology based on the interpretation of reports of water collection in marine shrimp farms, carried out in the period 2010-2012. Thus, this study may contribute to the dissemination of good management practices, the development of public policies and the demystification of the main criticisms attributed to Brazilian shrimp farming, facilitating their development in a sustainable way.

**Keywords:** Mangroves. Environmental impacts. *Penaeus vannamei*.



## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

- Figura 1.1 – Área de Estudo: Estuário do Rio Jaguaribe..... 27
- Figura 1.2 – Mapa temático da distribuição na zona costeira do Estuário do Rio Jaguaribe, municípios de Aracati, Fortim e Itaiçaba. Categorias de cobertura da terra obtidas por digitalização e por meio de classificação supervisionada por Landsat Geocover de 1999-2000, CBERS de 2009-2010 e as imagens do Google Earth..... 32
- Figura 1.3 – Mapas temáticos e áreas estimativas de distribuição na zona costeira do estuário do Rio Jaguaribe, municípios de Aracati, Fortim e Itaiçaba. Categorias de cobertura da terra obtidas por digitalização e por meio de classificação supervisionada por fotografias aéreas de 1960, Landsat Geocover 1999-2000, CBERS de 2009-2010, bem como imagens do Google Earth..... 33

### CAPÍTULO 2

- Figura 2.1 – Área de Estudo: Estuário do Rio Coreaú..... 47
- Figura 2.2 – Mapa temático da distribuição na zona costeira do Estuário do Rio Coreaú. Categorias de cobertura da terra obtidas por digitalização e por meio de classificação supervisionada por Landsat Geocover de 1999-2000, CBERS de 2009-2010 e as imagens do Google Earth..... 50
- Figura 2.3 – Mapas temáticos e áreas estimativas de distribuição na zona costeira do estuário do Rio Coreaú. Categorias de cobertura da terra obtidas por digitalização e por meio de classificação supervisionada por fotografias aéreas de 1960, Landsat Geocover 1999-2000, CBERS de 2009-2010, bem como imagens do Google Earth..... 54

### CAPÍTULO 3

- Figura 3.1 – Área de Estudo: Nordeste do Brasil, com destaque para as áreas de produção de abrangência do estuário do Rio Acaraú, nos municípios de Acaraú (A) e Itarema (B), ambos no Estado do Ceará..... 66
- Figura 3.2 – Mapa temático da distribuição na zona costeira do Estuário do Rio

|              |   |    |
|--------------|---|----|
|              | Acaraú, nos municípios de Acaraú (A) e Itarema (B). Categorias de cobertura da terra obtidas por digitalização e por meio de classificação supervisionada por Landsat Geocover de 1999 - 2000, CBERS de 2009-2010 e as imagens do Google Earth.....   | 69 |
| Figura 3.3 – | Mapas temáticos e áreas estimativas de distribuição na zona costeira do estuário do Rio Acaraú, no município de Acaraú (A e B). Categorias de cobertura da terra obtidas por digitalização e por meio de classificação supervisionada por fotografias aéreas de 1960, Landsat Geocover 1999-2000, CBERS de 2009-2010, bem como imagens do Google Earth.....             | 73 |
| Figura 3.4 – | Mapas temáticos e áreas estimativas de distribuição na zona costeira do estuário do Rio Acaraú, no município de Itarema (A e B). Categorias de cobertura da terra obtidas por digitalização e por meio de classificação supervisionada por fotografias aéreas de 1960, Landsat Geocover 1999-2000, CBERS de 2009-2010, bem como imagens do Google Earth.....            | 74 |
| Figura 3.5 – | Mapas temáticos e áreas estimativas de distribuição na zona costeira do estuário do Rio Acaraú, nos municípios de Acaraú (A) e Itarema (B). Categorias de cobertura da terra obtidas por digitalização e por meio de classificação supervisionada por fotografias aéreas de 1960, Landsat Geocover 1999-2000, CBERS de 2009-2010, bem como imagens do Google Earth..... | 75 |

## LISTA DE QUADROS

### **CAPÍTULO 1**

|              |  |    |
|--------------|--|----|
| Quadro I.I – | Características das diferentes práticas na carcinicultura no estuário do Rio Jaguaribe, Estado do Ceará, Brasil..... | 30 |
|--------------|--|----|

### **CAPÍTULO 2**

|               |   |    |
|---------------|---|----|
| Quadro II.I – | Características das diferentes práticas na carcinicultura no estuário do Rio Coreaú, Estado do Ceará, Brasil..... | 51 |
|---------------|---|----|

### **CAPÍTULO 3**

|                 |   |    |
|-----------------|---|----|
| Quadro III.I –  | Características das diferentes práticas na carcinicultura no estuário do Rio Acaraú, Estado do Ceará, Brasil.....         | 70 |
| Quadro III.II – | Características técnicas, sociais e ambientais da carcinicultura nos principais estuários do Estado do Ceará, Brasil..... | 77 |

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

|              |   |    |
|--------------|---|----|
| Tabela 1.1 – | Características das fazendas de camarão em relação ao tamanho da área de produção (em hectares).....  | 29 |
| Tabela 1.2 – | Características da água nos pontos de captação de água e de lançamento de efluentes dos viveiros de camarão no estuário do Rio Jaguaribe..... | 35 |

### CAPÍTULO 2

|              |   |    |
|--------------|---|----|
| Tabela 2.1 – | Características das fazendas de camarão em relação ao tamanho da área de produção (em hectares).....              | 49 |
| Tabela 2.2 – | Características da água nos pontos de captação e efluentes dos viveiros de camarão no Estuário do Rio Coreaú..... | 55 |

### CAPÍTULO 3

|              |   |    |
|--------------|---|----|
| Tabela 3.1 – | Características das fazendas de camarão em relação ao tamanho da área de produção (em hectares) .....   | 68 |
| Tabela 3.2 – | Características físicas, químicas e biológicas da água nos pontos de captação e de liberação de efluentes em fazendas de camarão no estuário do Rio Acaraú..... | 76 |

## ABREVIATURAS E SIGLAS

|        |   |
|--------|---|
| ABCC   | Associação Brasileira dos Criadores de Camarão  |
| ACCC   | Associação Cearense dos Criadores de Camarão  |
| APP    | Áreas de Preservação Permanente   |
| BPA    | Boas Práticas Aquícolas   |
| CBRES  | Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres   |
| DBO    | Demanda Bioquímica de Oxigênio  |
| FAO    | Food and Agriculture Organization - Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação              |
| FCA    | Fator de conversão alimentar  |
| GIS    | Geographic Information System - Sistema de Informações Geográficas  |
| IHHNV  | Infectious Hypodermal and Hematopoietic Necrosis Virus - Virus da Necrose Infeciosa Hipordemal e Hematopoiética |
| IMNV   | Infectious Mionecrosis Virus - Virus da Mionecrose Infeciosa  |
| NAT    | Nitrogênio Amoniacal Total  |
| NHP    | Necrotising hepatopancreatiti - Necrose Hematopoética   |
| OD     | Oxigênio Dissolvido   |
| PLs    | Pós-Larvas  |
| SPF    | Specific Pathogen Free – Livre de Patógeno Específico   |
| SUDENE | Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste   |
| UFC    | Unidades Formadoras de Colônias   |
| WSSV   | White Spot Syndrome Virus - Virus da Síndrome da Mancha Branca  |

|      |  |
|------|--|
| HP   | Horse Power  |
| cv   | Cavalo vapor   |
| % PB | Percentual de Proteína Bruta                                     |
| a.a. | Ao ano   |
| kg   | Quilograma   |
| µg/L | Microgramas por litro  |
| ppt  | <i>Parts per thousand</i> - Partes por mil                       |
| NUT  | Nephelometric Turbidity Unit - Unidade Nefelométrica de Turbidez |

## LISTA DE SÍMBOLOS

|     |               |
|-----|---------------|
| R\$ | Reais         |
| U\$ | Dólar         |
| %   | Porcentagem   |
| °C  | Graus Célsius |
| ha  | Hectares      |

## SUMÁRIO

|                        |   |           |
|------------------------|---|-----------|
| <b>1</b>               | <b>INTRODUÇÃO.....</b>  | <b>20</b> |
| <b>CAPÍTULO 1.....</b> | <b>.....</b>  | <b>22</b> |
| <b>1.1</b>             | <b>Introdução.....</b>  | <b>24</b> |
| <b>1.2</b>             | <b>Material e Métodos.....</b>                                  | <b>26</b> |
| <i>1.2.1</i>           | <i>Área de Estudo.....</i>                                      | <i>26</i> |
| <i>1.2.2</i>           | <i>Operações nas Fazendas de Camarão .....</i>                  | <i>26</i> |
| <i>1.2.3</i>           | <i>Benefícios e Problemas das Fazendas de Camarão.....</i>      | <i>27</i> |
| <i>1.2.4</i>           | <i>Processamento das Imagens de Satélite.....</i>               | <i>28</i> |
| <i>1.2.5</i>           | <i>Amostragem e Análise de Água.....</i>                        | <i>28</i> |
| <b>1.3</b>             | <b>Resultados.....</b>  | <b>29</b> |
| <i>1.3.1</i>           | <i>Desenvolvimento e Características da Carcinicultura.....</i> | <i>29</i> |
| <i>1.3.2</i>           | <i>Avaliação do Uso e Ocupação do Solo.....</i>                 | <i>31</i> |
| <i>1.3.3</i>           | <i>Avaliação da Qualidade de Água.....</i>                      | <i>34</i> |
| <b>1.4</b>             | <b>Discussão.....</b>   | <b>36</b> |
| <i>1.4.1</i>           | <i>Desenvolvimento e Características da Carcinicultura.....</i> | <i>36</i> |
| <i>1.4.2</i>           | <i>Avaliação do Uso e Ocupação do Solo.....</i>                 | <i>38</i> |
| <i>1.4.3</i>           | <i>Avaliação da Qualidade de Água.....</i>                      | <i>39</i> |
| <b>1.5</b>             | <b>Conclusão.....</b>   | <b>41</b> |
| <b>CAPÍTULO 2.....</b> | <b>.....</b>  | <b>42</b> |
| <b>2.1</b>             | <b>Introdução.....</b>  | <b>44</b> |
| <b>2.2</b>             | <b>Material e Métodos.....</b>                                  | <b>46</b> |
| <i>2.2.1</i>           | <i>Área de Estudo.....</i>                                      | <i>46</i> |
| <i>2.2.2</i>           | <i>Parâmetros Técnicos.....</i>                                 | <i>46</i> |
| <i>2.2.3</i>           | <i>Processamento das Imagens de Satélite.....</i>               | <i>47</i> |
| <i>2.2.4</i>           | <i>Amostragem e Análises de Água.....</i>                       | <i>48</i> |
| <b>2.3</b>             | <b>Resultados.....</b>  | <b>49</b> |
| <i>2.3.1</i>           | <i>O Sistema de Cultivo de Camarão .....</i>                    | <i>49</i> |
| <i>2.3.2</i>           | <i>Avaliação do Uso e Ocupação do Solo.....</i>                 | <i>52</i> |
| <i>2.3.3</i>           | <i>Avaliação da Qualidade de Água.....</i>                      | <i>53</i> |
| <b>2.4</b>             | <b>Discussão.....</b>   | <b>56</b> |
| <b>2.5</b>             | <b>Conclusão.....</b>   | <b>60</b> |



|   |    |
|---|----|
| <b>CAPÍTULO 3</b> .....   | 61 |
| <b>3.1</b> <b>Introdução</b> .....                              | 63 |
| <b>3.2</b> <b>Material e Métodos</b> .....                      | 65 |
| <b>3.2.1</b> <i>Área de Estudo</i> .....                        | 65 |
| <b>3.2.2</b> <i>Parâmetros Técnicos</i> .....                   | 65 |
| <b>3.2.3</b> <i>Processamento das Imagens de Satélite</i> ..... | 67 |
| <b>3.2.4</b> <i>Amostragem e Análises de Água</i> .....         | 67 |
| <b>3.3</b> <b>Resultados</b> .....                              | 68 |
| <b>3.3.1</b> <i>O Sistema de Cultivo de Camarão</i> .....       | 68 |
| <b>3.3.2</b> <i>Avaliação do Uso e Ocupação do Solo</i> .....   | 72 |
| <b>3.3.3</b> <i>Avaliação da Qualidade de Água</i> .....        | 72 |
| <b>3.4</b> <b>Discussão</b> .....                               | 77 |
| <b>3.4.1</b> <i>O Sistema de Cultivo de Camarão</i> .....       | 77 |
| <b>3.4.2</b> <i>Avaliação do Uso e Ocupação do Solo</i> .....   | 78 |
| <b>3.4.3</b> <i>Avaliação da Qualidade de Água</i> .....        | 79 |
| <b>3.5</b> <b>Conclusão</b> .....                               | 80 |
| <b>4</b> <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....                      | 81 |
| <b>REFERÊNCIAS</b> .....  | 84 |

## 1 INTRODUÇÃO

Em 2050, a população mundial deverá chegar a 9 bilhões de pessoas, aumentando a demanda por um alimento seguro, principalmente diante de um contexto de mudanças climáticas, incertezas econômica e financeira, e um aumento do uso dos recursos naturais. Diante disso, em 2015, a comunidade internacional assumiu compromissos com a utilização racional dos recursos naturais, de modo a garantir um desenvolvimento sustentável em termos econômicos, sociais e ambientais (FAO, 2016).

Em 2014, a oferta de pescado oriunda da aquicultura para o consumo humano ultrapassou pela primeira vez a do setor pesqueiro, atingindo-se um marco histórico. A produção de pescado de origem animal destinada ao consumo humano atingiu 146,3 milhões de toneladas, sendo que a aquicultura contribuiu com 73,8 milhões de toneladas, correspondendo a 50,4% do total ofertado (FAO, 2016).

Esse aumento da oferta de pescado, por meio da aquicultura, estimulado por importantes avanços tecnológicos e científicos, tem sido denominado de revolução azul, responsável por empregar diretamente cerca de 24 milhões de pessoas em todo o mundo, principalmente em países em desenvolvimento (BUSH *et al.*, 2013). Contudo, o acelerado desenvolvimento global das tecnologias aquícolas e dos mercados têm resultado em conflitos com as comunidades tradicionais e a gestão ambiental de governos de diversos países (BREMER *et al.*, 2016).

Chuenpagdee, Kooiman, Pullin (2008) e Stead (2005) têm descrito uma autorregulação da indústria aquícola, por meio de uma rede de atores interagindo entre múltiplas instituições públicas e privadas e orientada em grande parte por padrões voluntários da indústria, visando a elaboração de modelos de certificação, códigos de conduta, diretrizes e princípios. Esses procedimentos têm resultado em importantes mecanismos de governança para moldar o desenvolvimento sustentável da aquicultura, proporcionando a mitigação dos impactos sociais e ambientais, e a criação de novos mercados para os produtos da aquicultura (HATANAKA; BAIN; BUSCH, 2005).

Dentre as diversas atividades aquícolas, a carcinicultura tem tido conflitos multidimensionais envolvendo várias partes interessadas em todo o mundo. Nas últimas décadas, o rápido crescimento dessa indústria, muitas vezes de forma desordenada, agravou os conflitos entre carcinicultores, agricultores e pescadores (PAUL; RØSKAFT, 2013). Adicionalmente, a construção de fazendas aquícolas em zonas costeiras tem sido apontada como a responsável pela perda de aproximadamente 38% das florestas de mangue do mundo (POLIDORO *et al.*, 2010).

Esta Tese foi estruturada em capítulos, onde os dois primeiros já foram publicados e o último capítulo está sendo adequado as normas da revista para publicação. A abordagem do Capítulo 1 ficou concentrada nos impactos socioeconômicos e ambientais além da sustentabilidade da carcinicultura no estuário do Rio Jaguaribe, apontando o dimensionamento da área de produção de fazendas por meio de imagens de satélite e técnicas de geoprocessamento, analisando a produção de camarão em seus aspectos técnicos, econômicos, sociais e ambientais.

O Capítulo 2 tratou das análises técnicas e ambientais da carcinicultura no estuário do Rio Coreaú, devido a importância dessa área no cenário estadual, concentrando as análises na realização de procedimentos de georeferenciamento das áreas de carcinicultura, usando imagens de satélite e técnicas de geoprocessamento, além de analisar questões técnicas e ambientais dos empreendimentos aquícolas instalados no aludido estuário.

Já o Capítulo 3 foi direcionado para estudar o estuário do Rio Acaraú, tendo como ações básicas o mapeamento das unidades de produção de camarão por georeferenciamento das áreas por meio do uso de imagens de satélite e técnicas de geoprocessamento, bem como analisar aspectos técnicos e ambientais e sociais da atividade. Adicionalmente foram anexadas todas as contribuições, referente a publicações em revistas indexadas, realizadas durante o período do doutorado, servindo como exemplo para os alunos dos programas de pós-graduação das instituições de ensino superior do país.

Nesse sentido, a presente Tese teve por finalidade investigar os impactos da carcinicultura no Estado do Ceará, considerando as três principais zonas produtoras (estuários dos rios Jaguaribe, Coreaú e Acaraú), visando identificar e qualificar os impactos técnicos, ambientais e socioeconômicos relacionados com o cultivo de camarão nos sistemas semi-intensivo e intensivo, identificando alternativas para a produção sustentável, o dimensionamento da ocupação de terras costeiras por fazendas de camarão e suas relações com a supressão dos manguezais, a análise dos aspectos técnicos, econômicos, sociais e ambientais desses empreendimentos além de analisar estatisticamente as amostras de água dos afluentes e dos efluentes em torno das fazendas.

## CAPÍTULO 1

### **Carcinicultura marinha no Nordeste do Brasil: Os Impactos Socioeconômicos e Ambientais e a Sustentabilidade**

#### **RESUMO**

Apesar da importância econômica do camarão cultivado, uma série de problemas técnicos, ambientais, econômicos e sociais tem sido amplamente relatado na literatura internacional. Este artigo se concentra nos impactos ambientais e socioeconômicos dos cultivos de camarão nos sistemas semi-intensivo e intensivo na região litorânea do Nordeste do Brasil e na identificação de opções para a produção sustentável. Nesta região, a área total dedicada ao cultivo de camarão é de aproximadamente 18.500 ha, dos quais 5.750 ha estão localizados no Estado do Ceará. O estuário do Rio Jaguaribe tem o maior número de fazendas de camarão do Estado. Atualmente, a indústria possui 64 fazendas participantes com uma área total dedicada ao cultivo de camarão de 2.411,3 ha. Em 2011, a produção total foi de 13.110 toneladas de camarão com um rendimento médio de 6,3 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> em uma área de viveiros de 2.071,2 ha. Esta indústria emprega 2.350 pessoas, que representam 23,2% dos empregos gerados nos dois municípios onde está inserido o estuário do Rio Jaguaribe. Em comparação com outros países, o Brasil reduziu suas exportações devido aos altos custos de produção do cultivo de camarão. No entanto, a indústria do camarão brasileiro tem se beneficiado da alta dos preços domésticos, apesar de reduções no preço internacional do camarão. Em 2011, os preços para determinadas classificações variaram entre U\$ 4,67-6,04 para o 80/100 (contagem de peças de camarão por quilograma), U\$ 4,95-6,60 para o 70/80 e U\$ 5,85-8,10 para o 50/60. Os principais impactos ambientais desta indústria têm incidido sobre a poluição da água e perda de manguezais. No entanto, não foi observada nenhuma alteração nos parâmetros de qualidade da água durante o período de 2010-2012, indicando que este estuário tem certa capacidade de processar os nutrientes derivados de viveiros, enquanto apenas 3,7 ha de florestas de mangue foram usados para instalação de viveiros de camarão. Os resultados desta investigação demonstraram que a indústria de camarão brasileira requer uma melhor gestão e política de desenvolvimento para um crescimento sustentável.

**Palavras-chave:** Fazenda de camarão. Manguezais. Impactos ambientais. *Penaeus vannamei*.

## **Brackish Shrimp Farming in Northeastern Brazil: The Environmental and Socio-Economic Impacts and Sustainability**

### **ABSTRACT**

Despite the economic importance of farmed shrimp, a number of technical, environmental, economic and social problems have been widely reported in the international literature. This paper focuses on the environmental and socio-economic impacts of semi-intensive and intensive shrimp farming in the coastal region of Northeastern Brazil and the identification of options for sustainable production. In this Region, the total area dedicated to shrimp farming is approximately 18,500 ha of which 5,750 ha are located in Ceará State. The estuary of Jaguaribe River has the largest number of shrimp farms in the State. Currently, the industry has 64 participating farms with a total area dedicated to shrimp farming of 2,411.3 ha. In 2011, the total production was 13,110 tons of shrimp with an average yield of 6.3 toneladas ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> in a pond area of 2,071.2 ha. This industry employs 2,350 people that represent 23.2% of jobs generated in the two municipalities where the Jaguaribe river estuary is inserted. Compared with other countries, Brazil has reduced its exports due to high cost inputs for shrimp farming. However, the Brazilian shrimp industry has benefited from high domestic prices, despite of decreases in international price of shrimp. In 2011, the prices for size category ranged between U\$ 4.67-6.04 for 80/100 (count of head-on shrimp), U\$ 4.95-6.60 for 70/80 and U\$ 5.85-8.10 for 50/60. The major environmental impacts this industry has focused on the water pollution and loss of mangroves. However, no change in parameters of water quality was observed during the period 2010-2012, indicating that this estuary has some capacity to process pond-derived nutrients while only 3.7 ha of mangrove forests were used to shrimp pond. The results of this investigation was demonstrate that Brazilian shrimp industry require improved management and development policy for a sustainable growth.

**Keywords:** Shrimp farm. Mangroves. Impacts environmental. *Penaeus vannamei*.

## 1.1 Introdução

Em 2010, a produção mundial referente ao cultivo de camarão branco *Penaeus vannamei* foi de 2,7 milhões de toneladas, com um valor de venda primário de U\$ 11 bilhões (FAO, 2012). O rápido desenvolvimento da carcinicultura em muitos países é um fenômeno das últimas três décadas como resultado da transformação industrial e intensificação dos padrões de produção (LEBEL *et al.*, 2010; NEILAND *et al.*, 2001).

A carcinicultura tem sido uma atividade economicamente significativa na agroindústria (ISLAM; BRADEN, 2006). Esta indústria multimilionária desempenha um papel importante no desenvolvimento econômico de muitos países tropicais e subtropicais por causa dos altos retornos econômicos (VANDERGEEST, 2007; ISLAM, 2008). No entanto, há evidências de que a produção sustentável da aquicultura é limitada, em parte, pela capacidade de suporte dos ecossistemas costeiros (CSAVAS, 1994).

Além disso, o rápido crescimento desta indústria de uma forma não regulamentada e descoordenada levou a uma série de problemas ambientais, técnicos, econômicos e sociais, que tem sido amplamente relatada na literatura internacional (GRAAF; XUAN, 1998; KAUTSKY *et al.*, 2000; NEILAND *et al.*, 2001; PÁEZ-OSUNA, 2001).

A conversão de sensíveis terras costeiras, incluindo manguezais, em viveiros de camarão em muitos locais e períodos tem sido a principal crítica à indústria da carcinicultura (GUERRERO-GALVÁN; RUIZ-FERNÁNDEZ, 1998; LEBEL *et al.*, 2002; NEILAND *et al.*, 2001; PÁEZ-OSUNA, 2001; PRIMAVERA, 2006; RAJITHA; MUKHERJEE; VINUCHANDRAN, 2007).

Em áreas de intenso cultivo de camarão, o descarte de água de algumas fazendas se mistura com as águas de abastecimento de fazendas vizinhas, o que resulta na contaminação e a propagação de doenças nas populações de camarão cultivados (ENG; PAW; GUARIN, 1989; NAYLOR *et al.*, 1998; NAYLOR *et al.*, 2000; PÁEZ-OSUNA; GUERRERO-GALVÁN; RUIZ-FERNÁNDEZ, 1998; PRIMAVERA *et al.*, 2006; SOUSA *et al.*, 2006).

Entretanto, as diversas técnicas de cultivo do camarão apresentam impactos ambientais diferentes. Os sistemas extensivos que requerem grandes áreas de terra contribuíram mais para remoção dos mangues, enquanto os sistemas intensivos têm contribuído mais para os problemas de poluição, por meio das elevadas densidades de estocagem e uso demasiado de insumos químicos e alimentares (NEILAND *et al.*, 2001).

O Brasil é o terceiro maior produtor de camarão branco cultivado da América Latina. A produção brasileira foi estimada em 70.000 toneladas com um faturamento

estimado superior a U\$ 280 milhões em 2010 (FAO, 2012). No Brasil, a carcinicultura semi-intensiva e intensiva de camarão começou na década de 1980 com a introdução e o cultivo do camarão branco *P. vannamei*.

A região Nordeste do Brasil é responsável por cerca de 97% da produção de camarão nacional (MOLES; BUNGE, 2002). O rápido desenvolvimento de fazendas de camarão na região tem levantado questões sobre uma legislação ambiental específica para a atividade, a poluição ambiental e os conflitos com a população rural.

No início da década de 2000, a carcinicultura brasileira foi responsável pela contratação de 50.000 pessoas (ROCHA, 2011), reduzindo a pressão contra o desenvolvimento da atividade. No entanto, a indústria tem sofrido um grave colapso devido a surtos de doenças em 2003 (POULOS *et al.*, 2006; TEIXEIRA-LOPES *et al.*, 2011). Este fato causou uma redução drástica do número de postos de trabalho, o qual fortaleceu os movimentos contra a indústria do camarão.

No Brasil, a área total dedicada ao cultivo de camarão se aproxima a 18.500 ha, dos quais 5.750 ha estão localizados no Ceará (ROCHA, 2011). O estuário do Rio Jaguaribe tem o maior número de fazendas de camarão no Estado do Ceará. Neste estuário, a área de viveiros de camarão aumentou de 820 ha no ano de 2000 para 1.640 ha no ano de 2006 (MARINS *et al.*, 2011). No entanto, as informações sobre os impactos positivos ou negativos de fazendas de camarão nessa região são desconhecidas. Este artigo documenta o dimensionamento da área de produção de fazendas de camarão usando imagens de satélite e técnicas de geoprocessamento; análise da produção de camarão; aspectos técnicos, econômicos, sociais e ambientais das fazendas de camarão no estuário do Rio Jaguaribe.

## 1.2 Material e Métodos

### 1.2.1 Área de Estudo

A área de estudo consistiu em fazendas de carcinicultura localizadas na bacia hidrográfica do Rio Jaguaribe. O referido rio faz parte da região hidrográfica do Atlântico do Nordeste Brasileiro, localizado na região Leste do Estado do Ceará e representa a principal reserva hídrica do Estado com a área delimitada para a sua bacia hidrográfica abrangendo aproximadamente 80.000 km<sup>2</sup>. O estuário estudado compreende uma área de aproximadamente 200 km<sup>2</sup> e é caracterizado por ter uma grande importância econômica e ecológica (Figura 1.1).

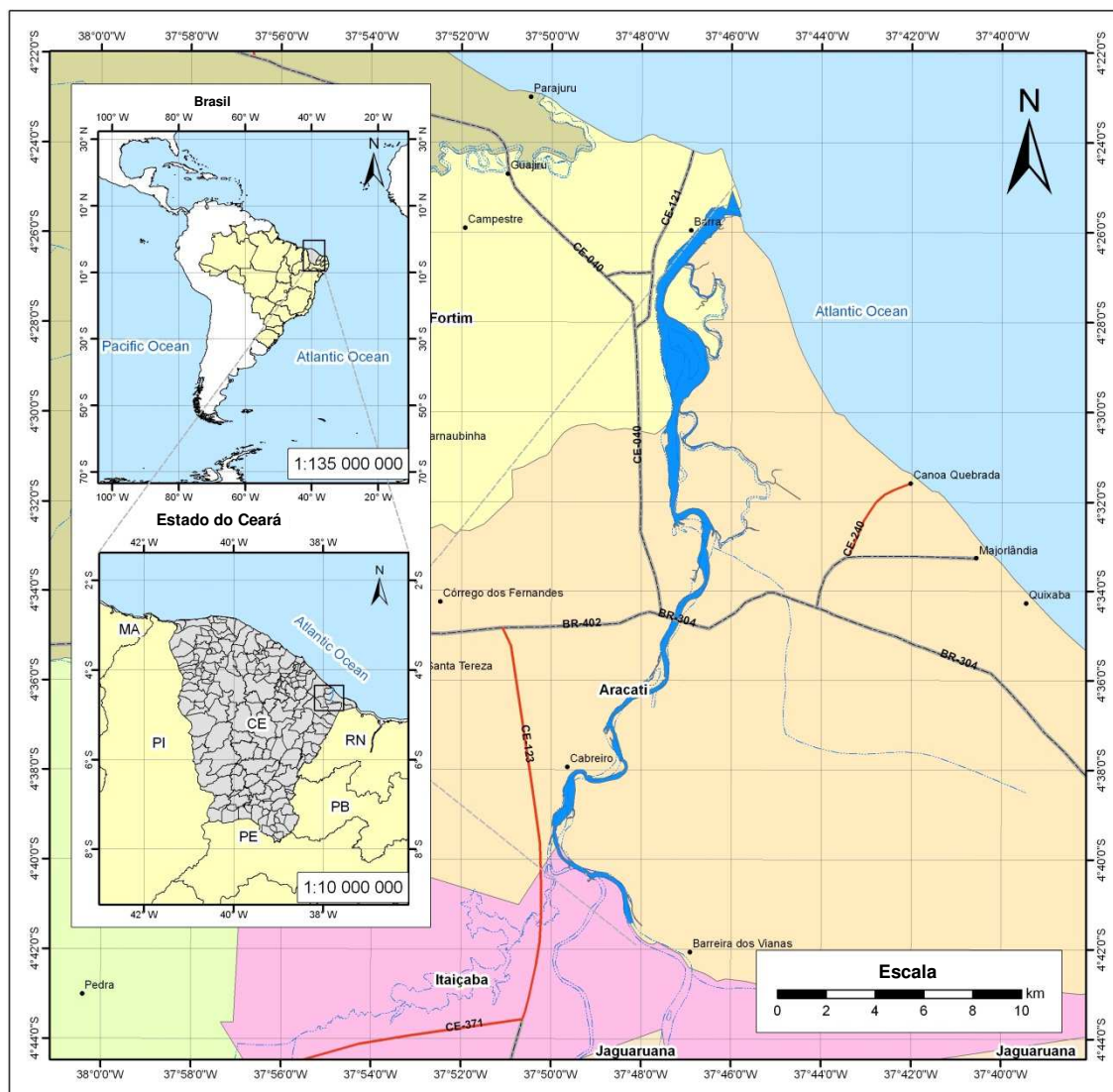
### 1.2.2 Operações nas Fazendas de Camarão

A produção aquícola de camarão consiste principalmente de camarão branco *Penaeus vannamei* e tem lugar quase exclusivo em viveiros de terra. Esta análise centra-se na produção de camarão em viveiros, com especial atenção para as fases do ciclo de produção, da preparação dos viveiros até a despesca. A fase de cultivo inclui estocagem de pós-larvas (PLs), alimentação e troca de água do viveiro. A fase de despesca inclui a própria colheita, o esvaziamento e tratamento do viveiro. Todas as fases no processo de cultivo têm impacto potencialmente significativo sobre o ambiente. Foram observados e descritos os processos de tratamento dos viveiros, tratamento da água de captação, alimentação, troca de água, descarga de água e dragagem de sedimentos.

A metodologia foi baseada em entrevistas, análise de dados secundários e observações de campo (ABREU *et al.*, 2011). Um levantamento realizado no período 2010-2012 envolveu visitas a todas as fazendas de camarão da região. Foram utilizados questionários semiestruturados, e dentre os entrevistados, proprietários ou gestores, comerciantes, gerentes de indústrias de beneficiamento, gerentes de larviculturas e servidores públicos. A análise dos dados foi baseada em transcrições de entrevistas, incluindo documentos oficiais, fontes internas e externas e literatura acadêmica sobre o assunto (GOLAFSHANI, 2003).



Figura 1.1 – Área de Estudo: Estuário do Rio Jaguaribe.



Fonte: BRASIL (2013b), adaptado.

### 1.2.3 Benefícios e Problemas das Fazendas de Camarão

Todas as fazendas de camarão foram visitadas para coletar informações sobre os benefícios microeconômicos e problemas da atividade. Os benefícios microeconômicos incluem a geração de empregos formais diretos, empregos sazonais, empregos formais indiretos, incluindo larviculturas de produção de pós-larvas e pós-despesca, ganho de divisas, a diversificação da economia, estimulação de setores relacionados aos processos de produção e venda, o fluxo de investimentos diretos e transferência de tecnologia. Os aspectos negativos da carcinicultura incluem problemas técnicos, ambientais, econômicos e sociais.

#### **1.2.4. Processamento das Imagens de Satélite**

Este estudo começou com a identificação e localização de fazendas de camarão usando imagens de satélite disponíveis com uma resolução de 15 metros/pixel (Landsat Geocover 1999-2000, CBERS 2009-2010 e Google Earth). Devido à falta de imagens representando a região onde as fazendas de camarão estão localizadas, foram utilizadas imagens disponíveis no Google Earth com alta resolução (GOOGLE, 2013).

Em seguida, as imagens foram sobrepostas em camadas usando fotografias aéreas digitais editadas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil, a fim de caracterizar o tipo de uso e ocupação do solo pelas fazendas de camarão. Fotografias aéreas foram obtidas na década de 1960, quando não haviam fazendas de camarão no Brasil. Posteriormente, os mapas temáticos em escalas de detalhe foram desenvolvidos pela aplicação de técnicas de interpretação digital de imagens e Sistema de Informações Geográficas (Geographic Information System - GIS), disponíveis no software SPRING 4.2 e ArcGIS 9.0. Com a análise e interpretação das imagens, foi possível mapear e levantar as áreas ocupadas pelas fazendas de camarão no estuário do Rio Jaguaribe.

#### **1.2.5 Amostragem e Análise de Água**

De fevereiro de 2010 a junho de 2012, trinta e três fazendas de camarão foram visitadas para coletar informações sobre as práticas aquícolas. Durante o período de cultivo de camarão, um total de 53 e 33 amostras foram coletadas em fazendas de camarão, nos pontos de captação de água e de lançamento de efluentes, respectivamente.

Os parâmetros de qualidade de água foram analisados de acordo com APHA (1998). Os parâmetros analisados foram: temperatura, salinidade, pH, oxigênio dissolvido (OD), nitrogênio amoniacal total (NAT), amônia, nitrato, nitrito, fósforo total, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), turbidez e coliformes. Os resultados destas análises foram realizadas pela Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará - SEMACE. Em seguida, realizou-se a interpretação e síntese dos resultados e sua relevância para o desempenho ambiental da carcinicultura em sistemas semi-intensivo e intensivo.

As variáveis foram analisadas separadamente para a obtenção dos parâmetros estatísticos (média aritmética e desvio padrão, valores mínimo e máximo). Os dados de qualidade de água foram avaliados por meio da análise de variância (ANOVA), seguido pelo teste t de Student, com nível de significância de *alfa* igual a 0,05, utilizando o programa BioEstat versão 5.3.

## 1.3 Resultados

### 1.3.1. Desenvolvimento e Características da Carcinicultura

O número de empresas cultivando o camarão branco *Penaeus vannamei* no estuário do Rio Jaguaribe tem aumentado nos últimos anos. Atualmente, a indústria possui 64 fazendas. As fazendas de camarão pode ser divididas em três categorias: pequenas (<30 ha), médias (entre 30 e 100 ha) e grandes (> 100 ha) (Tabela 1.1), seguindo orientação de Moles, Bunge (2002). Em 2010, a área total dedicada ao cultivo de camarão foi 2.411,3 ha (Figura 1.2), enquanto que a área de viveiros foi 2.071,2 ha (Tabela 1.1). O sistema de cultivo mais comum na região é do tipo semi-intensivo que ocorre em 65,6% das fazendas, enquanto o intensivo compreende 34,4%.

Detalhes sobre a gestão e as características das fazendas de camarão estão resumidos na Quadro I.I. As fazendas de camarão operam o ano inteiro, realizando entre 2,5 e 4,7 ciclos ano<sup>-1</sup>. No sistema semi-intensivo, a densidade de estocagem de pós-larvas varia entre 15-30 indivíduos m<sup>-2</sup> em viveiros entre 1,0-10,0 ha. São realizadas 3,2-4,7 despesas por ano, resultando numa produtividade de 4,6 toneladas ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. O uso de fertilizantes, a oferta regular de ração suplementar e a troca de água variando entre 0 e 5% são características desse sistema de produção. O fator de conversão alimentar (FCA) varia dependendo da qualidade da ração e do manejo alimentar, geralmente é baixo, entre 1,0 e 1,5. As rações disponíveis comercialmente para *P. vannamei* podem ser peletizadas ou extrusadas, com o teor de proteína variando de 30 a 40%.

Tabela 1.1 – Características das fazendas de camarão em relação ao tamanho da área de produção (em hectares).

| Sistema de produção | Pequena            |           | Média              |           | Grande             |           | Total              |           |
|---------------------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|
|                     | Número de empresas | Área (ha) | Número de empresas | Área (ha) | Número de empresas | Área (ha) | Número de empresas | Área (ha) |
| Semi-intensivo      | 37                 | 260,1     | 3                  | 154,0     | 2                  | 880,0     | 42                 | 1.294,1   |
| Intensivo           | 10                 | 92,0      | 11                 | 535,1     | 1                  | 150,0     | 22                 | 777,1     |
| Total               | 47                 | 351,1     | 14                 | 689,1     | 3                  | 1.030,0   | 64                 | 2.071,2   |

O sistema de cultivo intensivo é caracterizado pela combinação de elevadas densidades iniciais de povoamento (30-100 ind. m<sup>-2</sup>) e maiores taxas de alimentação. Durante os ciclos de produção, são realizados 2,5 a 3,5 despesas por ano, resultando num rendimento de 9,2 toneladas ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Dependendo das condições locais e do estágio de crescimento, inicia-se o manejo alimentar com ração comercial (proteína 35-40%), havendo renovação da

água entre 3 e 30% do volume do viveiro dia<sup>-1</sup>, variando de acordo com o estágio do ciclo de produção. O uso de aeração mecânica garante que as condições aeróbicas sejam mantidas. O fator de conversão alimentar (FCA) é também variável neste tipo de sistema, mas um valor médio de 1,80 é representativo (Quadro I.I).

O tamanho das fazendas no estuário do Rio Jaguaribe varia entre 1 a 630 ha, com uma média de 32,4 ha. O tamanho dos viveiros também é variável (1 e 32,5 ha), predominando entre 2-5 ha. A densidade de estocagem média para fazendas de camarão é de 40 PLs m<sup>-2</sup> para as carciniculturas intensivas e de 20 PLs m<sup>-2</sup> para as carciniculturas semi-intensivas. Entre 2010-2012, a sobrevivência variou entre 51,2-85,9%. Em 2011, a produção foi de 13.110 toneladas em uma área de viveiros de 2.071,2 ha com um rendimento médio de 6,3 toneladas ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (Quadro I.I).

Quadro I.I – Características das diferentes práticas na carcinicultura no estuário do Rio Jaguaribe, Estado do Ceará, Brasil.

| Características   | Sistemas de cultivo                 |                          |
|---|-------------------------------------|--------------------------|
|   | Semi-intensivo                      | Intensivo                |
| Tamanho do viveiro (ha)   | 1,0 - 32,5                          | 1,3 - 4,7                |
| Densidade de estocagem (PL m <sup>-2</sup> )                        | 15 - 30                             | 30 – 100                 |
| Taxa de sobrevivência (%)   | 56,1 - 85,9                         | 51,2 - 82,3              |
| Troca de água (%)   | 0 - 5                               | 3 – 30                   |
| Aeração (HP ha <sup>-1</sup> )                                      | 0 - 4                               | 4 – 20                   |
| Produtividade (tonelada ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )        | 4,6                                 | 9,2                      |
| Número de cultivos ano <sup>-1</sup>                                | 3,2 - 4,7                           | 2,5 - 3,5                |
| Produção (tonelada ano <sup>-1</sup> )                              | 5.952,9                             | 7.157,5                  |
| Uso de fertilizantes (tonelada ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> ) | Ureia < 0,25, SFT < 0,03            | Ureia < 0,50, SFT < 0,10 |
| Consumo de ração (tonelada ano <sup>-1</sup> )                      | 7.083,9                             | 11.953,0                 |
| Alimentação   | Alimento Natural e Ração Peletizada | Ração Peletizada         |
| Teor proteico da ração (%)  | 40 - 30                             | 40 - 35                  |
| FCA   | 1,01 - 1,37                         | 1,32 - 2,02              |
| Uso de químicos   | Sim                                 | Sim                      |
| Empregos formais diretos (emprego ha <sup>-1</sup> )                | 0,52                                | 0,67                     |
| Empregos sazonais diretos (emprego ha <sup>-1</sup> )*              |                                     | 0,07                     |
| Empregos indiretos (emprego ha <sup>-1</sup> )*                     |                                     | 0,42                     |
| Problemas com doenças   | Raro (IMNV e IHNV)                  | Raro (IMNV e IHNV)       |
| Custos operacionais   | Moderado para alto                  | Moderado para alto       |
| Impacto ambiental   | Relativamente baixo                 | Relativamente baixo      |
| Implicações sociais   | Moderada para alta                  | Moderada para alta       |
| Proliferação econômica  | Comercial                           | Comercial                |
| Sustentabilidade  | Moderada                            | Moderada                 |

\*O número de empregos foi calculado com base na área total de viveiros das fazendas de cultivo de camarão (2.071,2 ha).

A indústria do cultivo de camarão localizada no estuário do Rio Jaguaribe gerou 1,14 emprego por hectare, considerando os empregos formais diretos, empregos sazonais, empregos formais indiretos, incluindo laboratórios e pós-despesca. As fazendas de camarão são responsáveis pela geração de 1.186 empregos formais diretos e 150 empregos sazonais relacionados a operações de despesca. Nesta região, existem dois laboratórios de produção de pós-larvas e uma indústria de processamento que geram 149 e 420 empregos formais diretos, respectivamente. As outras atividades secundárias, incluindo compradores de camarão e pequenas indústrias de processamento tem gerado 451 empregos formais diretos. Os empregos gerados por indústrias de fertilizantes e de rações não foram considerados pois não estão localizados na região do estuário do Rio Jaguaribe. A população local é a principal beneficiária dos postos de trabalho gerados. No entanto, essa atividade tem exigido mão de obra com qualificação.

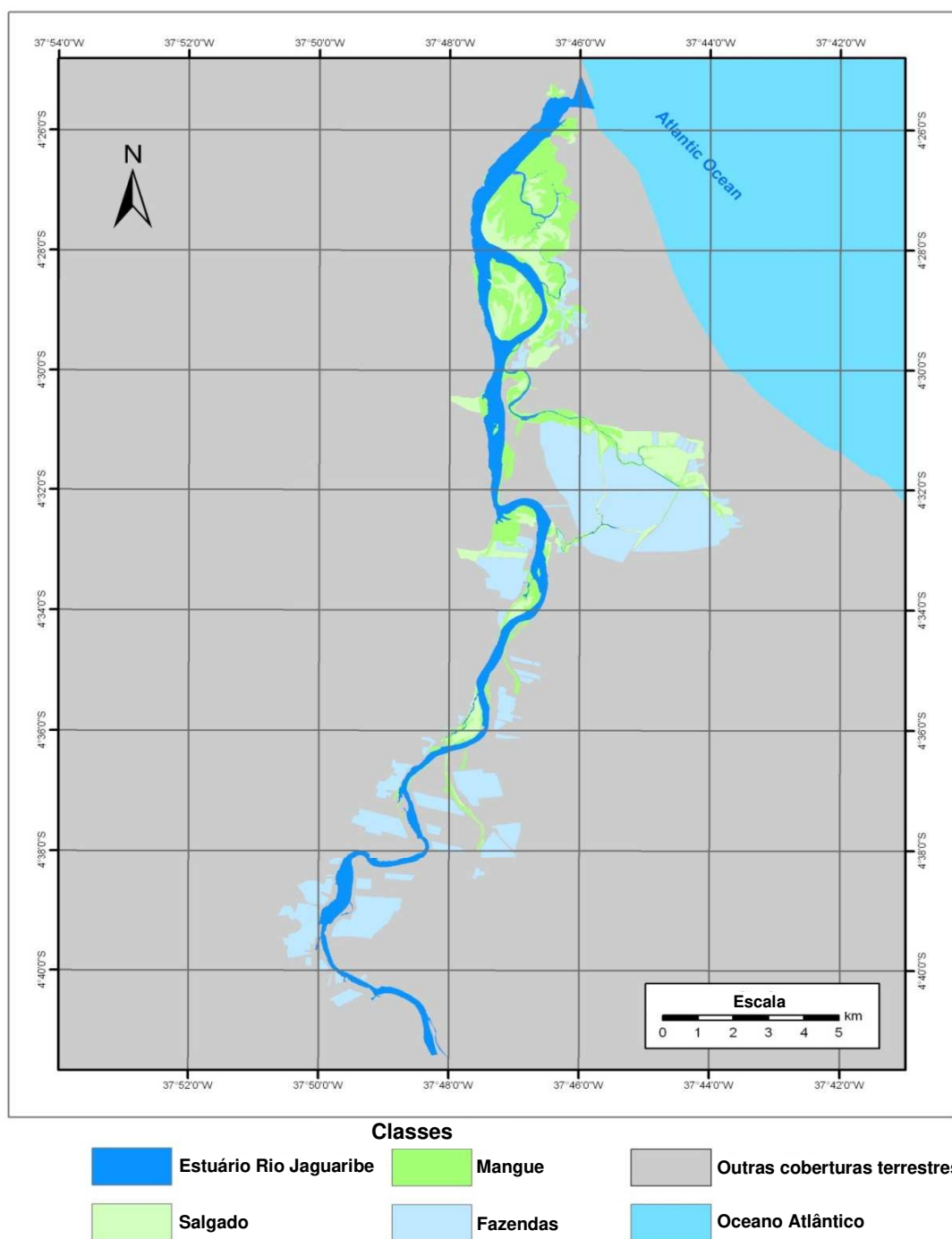
Além disso, a indústria da carcinicultura localizada no estuário do Rio Jaguaribe tem contribuído para o fortalecimento e diversificação da economia local, aumentando o número de empregos em outros setores da indústria e do comércio. Como exemplo, a maior fazenda de camarão que opera nesta região abriu novas empresas, criando 77 novos postos de trabalho. Esta indústria tem induzido o funcionamento do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE, Campus Aracati e Morada Nova, difundido tecnológica com a implantação de cursos de nível médio e superior, que vem formando profissionais, onde muitos são empregados em fazendas de cultivo de camarões.

Atualmente, os estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Bahia, Ceará e Pernambuco são considerados os maiores consumidores de camarão do Brasil, com praticamente 100% da produção destinada ao mercado interno. Os produtores de camarão realizam vendas para indústrias de processamento. Em seguida, dependendo da demanda comercial, o camarão processado é destinado para outros centros consumidores no Brasil. No entanto, existem algumas vendas diretas para outros clientes, como redes de supermercados, lojas, hotéis e restaurantes.

### ***1.3.2 Avaliação do Uso e Ocupação do Solo***

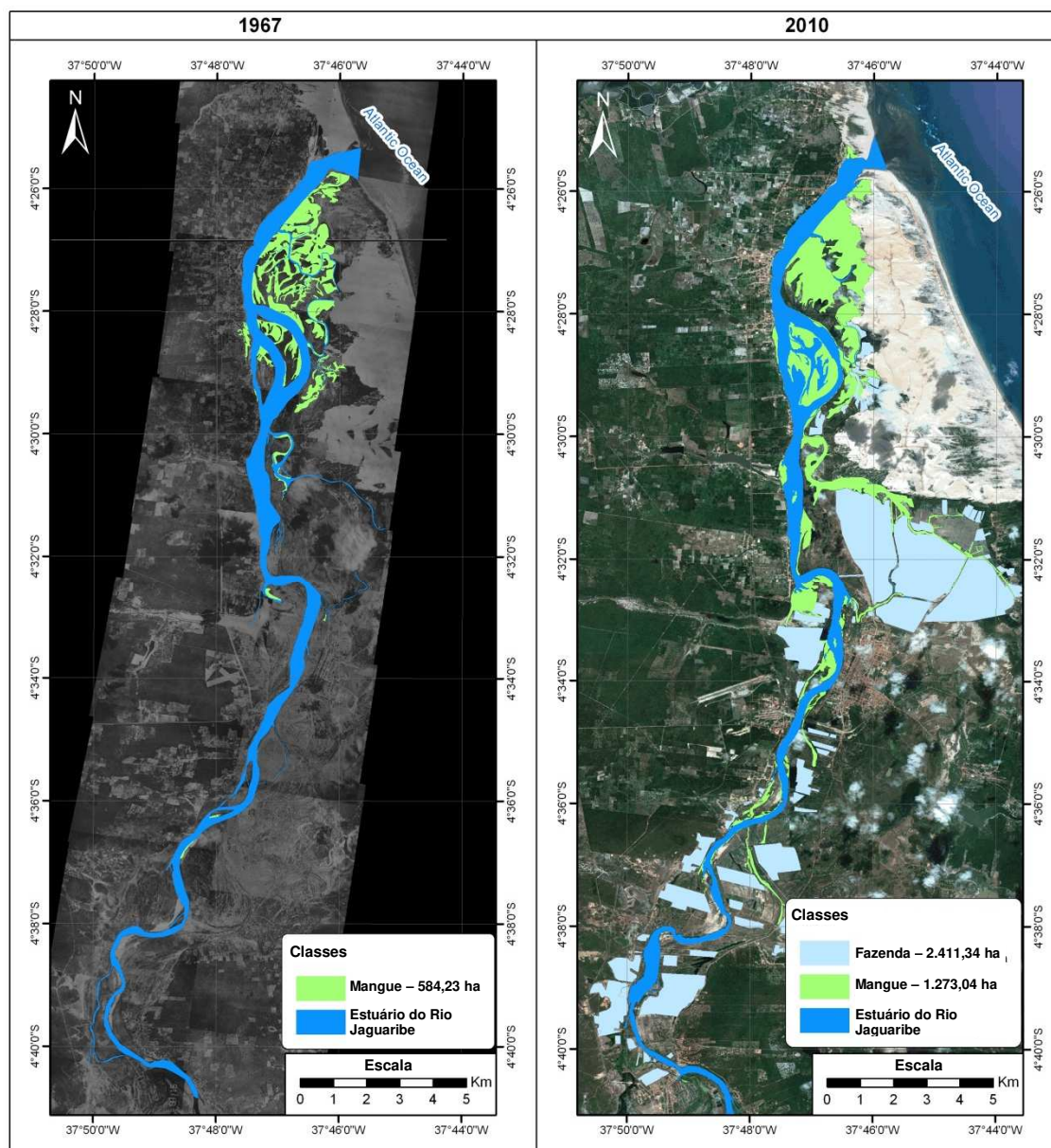
A construção das poligonais para o estuário do Rio Jaguaribe, incluindo zonas de salgados, manguezais, fazendas de camarão, outras coberturas terrestres e para o oceano Atlântico foram digitalizadas, formatadas e sobrepostas em imagens antes do processo de classificação que produziu mapas temáticos com as categorias de uso e ocupação do solo (Figuras 1.2 e 1.3).

Figura 1.2 – Mapa temático da distribuição na zona costeira do Estuário do Rio Jaguaribe, municípios de Aracati, Fortim e Itaiçaba. Categorias de cobertura da terra obtidas por digitalização e por meio de classificação supervisionada por Landsat Geocover de 1999-2000, CBERS de 2009-2010 e as imagens do Google Earth.



Fonte: Google (2013), adaptado.

Figura 1.3 - Mapas temáticos e áreas estimativas de distribuição na zona costeira do estuário do Rio Jaguaribe, municípios de Aracati, Fortim e Itaiçaba. Categorias de cobertura da terra obtidas por digitalização e por meio de classificação supervisionada por fotografias aéreas de 1960, Landsat Geocover 1999-2000, CBERS de 2009-2010, bem como imagens do Google Earth.



Fonte: Brasil (2013a), adaptado.

Os resultados obtidos com a digitalização das fazendas de camarão no Landsat Geocover e as imagens CBERS revelou um total de 64 fazendas de camarão que abrange quase 2.411,3 ha distribuídos na zona do estuário do Rio Jaguaribe. Apesar das fazendas de camarão existentes cobrirem somente 2.411,3 ha de terra na área em estudo, existe um potencial para a expansão das fazendas de camarão, devendo, contudo, levar em consideração as questões governamentais e ambientais, uma vez que a maior parte das áreas adequadas para o cultivo de camarão são terras agricultáveis.

Os cálculos obtidos mostraram que, no período 1967-2010, a área de manguezal aumentou de 584,2 ha para 1.273,0 ha, embora o movimento das dunas na margem direita do Rio Jaguaribe possa ter contribuído para uma redução no mangue (Figura 1.3).

### ***1.3.3 Avaliação da Qualidade de Água***

A qualidade da água e os efeitos subsequentes da carcinicultura no ambiente costeiro foram avaliados por meio da análise de parâmetros físicos, químicos e biológicos, nas estações de amostragem selecionadas ao longo dos pontos de captação de água e lançamento de efluentes. Os resultados das medições da qualidade da água obtidos neste estudo são apresentados na Tabela 1.2.

Em todas as amostras para os pontos de captação de água e de lançamento de efluentes, a temperatura não se alterou ao longo dos anos, sendo que uma variação sazonal foi observada. Da mesma forma, não houve diferenças significativas para a salinidade, pH e oxigênio dissolvido entre os pontos de captação de água e de lançamento de efluentes. No entanto, NAT, amônia, nitrato, nitrito, fósforo total, clorofila *a*, DBO, turbidez e coliformes foram significativamente maiores no ponto de lançamento de efluentes do que na captação de água.



Tabela 1.2 – Características da água nos pontos de captação de água e de lançamento de efluentes dos viveiros de camarão no estuário do Rio Jaguaribe.

| Parâmetros         | Unidade                  | 2010                 |                       | 2011                 |                         | 2012                |                         | Padrão <sup>1</sup> |
|--------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|
|                    |                          | Captação de água     | Efluentes             | Captação de água     | Efluentes               | Captação de água    | Efluentes               |                     |
| Temperatura        | °C                       | 24,3 (21,9 - 30,4)   | 24,1 (20,0 - 30,2)    | 26,5 (21,7 - 31,3)   | 27,9 (22,3 - 33,1)      | 26,7 (22,2 - 31,0)  | 28,6 (23,1 - 31,1)      | n.a.                |
| Salinidade         | Ppt                      | 9,6 (0,0 - 45,0)     | 15,2 (0,0 - 50,0)     | 10,1 (0,0 - 25,1)    | 13,4 (0,0 - 26,0)       | 5,0 (0,0 - 20,0)    | 9,7 (4,0 - 20,0)        | 0,5 - 30,0          |
| pH                 |                          | 7,7 (6,7 - 8,3)      | 8,1 (7,4 - 8,8)       | 6,9 (6,0 - 8,8)      | 7,6 (6,6 - 9,0)         | 7,4 (6,1 - 8,9)     | 7,7 (7,1 - 8,3)         | 6,0 - 9,0           |
| OD                 | mg L <sup>-1</sup>       | 6,8 (3,2 - 9,8)      | 7,3 (4,0 - 10,0)      | 6,3 (3,8 - 12,0)     | 6,9 (3,4 - 10,1)        | 5,8 (3,3 - 10,0)    | 8,6 (4,9 - 10,6)        | > 4,0               |
| NAT                | mg L <sup>-1</sup>       | 0,95 (0,01 - 3,30)   | 1,50 (0,02 - 3,50)*   | 0,40 (0,03 - 2,00)   | 1,51 (0,21 - 3,00)*     | 0,87 (0,03 - 1,51)  | 1,51 (0,28 - 4,00)*     | ≤ 0,40              |
| Amônia             | mg L <sup>-1</sup>       | 0,05 (0,00 - 0,20)   | 0,10 (0,00 - 0,20)*   | 0,01 (0,00 - 0,10)   | 0,09 (0,01 - 0,90)*     | 0,01 (0,00 - 0,01)  | 0,08 (0,01 - 0,30)*     | n.a.                |
| Nitrato            | mg L <sup>-1</sup>       | 0,21 (0,10 - 0,50)   | 0,86 (0,10 - 3,60)*   | 0,59 (0,10 - 2,00)   | 0,79 (0,10 - 2,00)*     | 0,52 (0,20 - 1,10)  | 0,70 (0,30 - 2,00)*     | ≤ 0,40              |
| Nitrito            | mg L <sup>-1</sup>       | 0,04 (0,00 - 0,40)   | 0,09 (0,00 - 0,60)*   | 0,03 (0,00 - 0,30)   | 0,10 (0,00 - 0,50)*     | 0,04 (0,00 - 0,20)  | 0,07 (0,01 - 0,55)*     | ≤ 0,07              |
| Fosforo total      | mg L <sup>-1</sup>       | 0,16 (0,02 - 0,30)   | 0,18 (0,09 - 0,30)    | 0,13 (0,04 - 0,20)   | 0,17 (0,06 - 0,40)*     | 0,13 (0,07 - 0,20)  | 0,22 (0,10 - 0,40)*     | ≤ 0,12              |
| Clorofila <i>a</i> | µg L <sup>-1</sup>       | 4,7 (0,5 - 16,5)     | 7,1 (2,1 - 12,0)      | 3,1 (1,0 - 8,0)      | 10,6 (2,0 - 21,0)*      | 6,0 (1,0 - 15,0)    | 6,5 (6,0 - 7,0)         | ≤ 30,0              |
| DBO                | mg L <sup>-1</sup>       | 6,7 (0,6 - 15,6)     | 9,4 (2,3 - 21,7)*     | 4,3 (0,6 - 10,7)     | 9,2 (3,5 - 21,3)*       | 9,6 (1,2 - 20,2)    | 12,8 (7,1 - 21,4)*      | n.a.                |
| Turbidez           | NTU                      | 20,2 (5,0 - 45,0)    | 31,2 (9,0 - 60,0)*    | 18,0 (5,0 - 72,0)    | 26,9 (6,0 - 88,0)       | 18,2 (4,0 - 36,0)   | 42,8 (22,0 - 62,0)*     | n.a.                |
| Coliformes         | MPN 100 mL <sup>-1</sup> | 120,8 (20,0 - 500,0) | 257,5 (20,0 - 800,0)* | 182,2 (20,0 - 300,0) | 373,3 (40,0 - 1.400,0)* | 64,0 (20,0 - 170,0) | 615,0 (20,0 - 2.200,0)* | ≤ 2.500,0           |

n.a. = Não Avaliado; <sup>1</sup> CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) Resolução no. 357 de 17 de março de 2005 (Padrão Brasileiro de qualidade de água dos efluentes industriais descarregados em água salobra). \* Denota diferenças significativas entre os pontos de captação de água e de lançamento de efluente para cada ano estudado.

## 1.4 Discussão

### 1.4.1 Desenvolvimento e Características da Carcinicultura

A área total de cultivo de camarão no estuário do Rio Jaguaribe foi 1.676,78 ha, em 2005 (SOARES *et al.*, 2007) e 1.640 ha em 2006 (MARINS *et al.*, 2011). Atualmente, a área total dedicada ao cultivo de camarão é 2.411,30 ha, o que representa um aumento de 47,0% em comparação com 2006 e de 43,8% em relação a 2005.

Os sistemas aquícolas têm gradualmente evoluído de sistemas extensivos e tradicionais para sistemas semi-intensivo e intensivo os quais são classificados de acordo com o tamanho do viveiro, trocas de água, mão-de-obra, uso de ração e de produtos químicos e densidades de estocagem (ANH *et al.*, 2010).

No estuário do Rio Jaguaribe, a carcinicultura semi-intensiva utiliza viveiros que são menores do que em fazendas tradicionais (1-8 hectares), mas são capazes de proporcionar rendimentos mais elevados (1-5 toneladas ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>), enquanto os cultivos intensivos utilizam práticas de manejo que são caracterizadas por altas densidades de estocagem em viveiros com aeradores mecânicos (1-5 hectares) e altas produtividades (6-15 toneladas ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>).

Desde 2003, a carcinicultura brasileira tem tido problemas com enfermidades em muitas regiões (ANDRADE *et al.*, 2007; POULOS *et al.*, 2006). O surto causado pelo IMNV causou a indústria brasileira de cultivo de camarão, perdas milhões de dólares, reduzindo o número de empregos e a entrada de divisas (LIGHTNER, 2011).

Apesar da expansão da área de produção, as enfermidades não têm afetado os níveis de produção das fazendas de camarão no Estuário do Rio Jaguaribe, no período 2010-2012 (TEIXEIRA-LOPES *et al.*, 2010; TEIXEIRA-LOPES *et al.*, 2011). O IMNV ocorre, principalmente, no período chuvoso, tendo sido mais intenso no período 2003-2009 que em 2010-2012. Doenças estão associadas de forma mais evidente com as mudanças ambientais do que com a intensificação das fazendas (ALAM *et al.*, 2007; PRIMAVERA, 1991; PÁEZ-OSUNA *et al.*, 2003;).

Adicionalmente, problemas com a qualidade da água, associados a um cultivo sem planejamento e descontrolado, podem aumentar a incidência de doenças e reduzir a produção (DEB, 1998). Infelizmente, as fazendas de camarão nessa região não implementaram planos de biossegurança, boas práticas de manejo (BPM) e o uso de pós-larvas com certificação, apesar da ocorrência de enfermidades e outros problemas técnicos.

Apesar das doenças serem um problema reconhecido, a indústria e o governo brasileiro não estão usando camarões SPF e Certificados de Código de Conduta. Este caso é completamente diferente da situação observada na Tailândia, onde cerca de 18.000 larviculturas e fazendas são certificadas para as Boas Práticas Aquicultura/Código de Conduta por parte do governo da Tailândia (YAMPAYOON; SUKHUMPARNICH, 2010). Além disso, devido ao seu custo elevado e a falta de preparo por parte dos carcinicultores, ainda é estimado que a maioria das fazendas não têm seus efluentes tratados.

No estuário do Rio Jaguaribe, fazendas de camarão operam durante todo o ano com vários ciclos por ano. Por outro lado, em outros países a tendência tem sido reduzir o número de ciclos por ano devido as baixas produtividades durante os meses frios (PÁEZ-OSUNA *et al.*, 2003; PONCE-PALAFIX *et al.*, 2011; WAHAB; BERGHEIM; BRAATEN, 2003; YAMPAYOON; SUKHUMPARNICH, 2010).

A indústria de cultivo de camarão localizada no estuário do Rio Jaguaribe emprega 2.350 pessoas, que representam 23,2% dos empregos gerados nos dois municípios onde está inserido o estuário do Rio Jaguaribe. Portanto, esta indústria contribui significativamente para o emprego rural como observado em outros países em desenvolvimento (ISLAM; BRADEN, 2006; MELTZOFF; LIPUMA, 1986).

O cultivo de camarão no Equador tem transformado o equilíbrio regional da economia em relação à produção, emprego e habitação (MELTZOFF; LIPUMA, 1986). Da mesma forma, os benefícios econômicos da carcinicultura na Ásia são bem reconhecidos, incluindo as oportunidades de emprego (AZAD; JENSEN; LIN, 2009; DEB, 1998; ITO, 2002). Além disso, esta indústria contribui para a segurança alimentar e a redução da pobreza, assim como é capaz de gerar empregos nos diversos setores da cadeia produtiva (PAUL; VOGL, 2011).

Entretanto, não é surpreendente que o crescimento da carcinicultura tenha gerado um aumento das críticas de suas consequências socioambientais, incluindo a marginalização de membros de comunidades rurais, o crescimento dos sem-terra, perda dos sistemas tradicionais de apoio à subsistência, aumento da pobreza, diminuindo da segurança alimentar e a transferência de terras e riqueza para as elites locais e nacionais (NEILAND *et al.*, 2001). Esses problemas têm sido relatados em vários países produtores (BRIGGS; FUNGE-SMITH, 1994; GOSS; BURCH; RICKSON, 2000; HUITRIC; FOLKE; KAUTSKY, 2002; NEILAND *et al.*, 2001; VEUTHEY; GERBER, 2011).

No estuário do Rio Jaguaribe, os aspectos negativos da carcinicultura incluem a proibição das populações locais do seu acesso tradicional aos manguezais, o declínio na

segurança alimentar, a marginalização das comunidades costeiras e o desemprego devido ao abandono de fazendas de camarão (QUEIROZ, 2007). No entanto, as evidências para esses casos não são apresentadas de forma objetiva e concreta pelo autor.

No período 2003-2010, a competitividade das exportações de camarão cultivado do Brasil foi afetada pela doença IMNV, ação antidumping promovida pelos EUA e o fortalecimento da moeda brasileira. Consequentemente, as exportações diminuíram de 58.500 toneladas em 2003 para 1.600 toneladas em 2010 (ROCHA, 2011). A produção de camarão em cativeiro no Brasil tem permanecido constante nos últimos anos, mas as exportações caíram acentuadamente e quase toda a produção é no presente consumida internamente (ABREU *et al.*, 2011).

Em comparação com outros países, o Brasil tem um alto custo de produção para o camarão cultivado. No entanto, a indústria do camarão brasileiro tem se beneficiado da alta dos preços domésticos, apesar da redução no preço internacional devido as restrições de importação de camarão e a alta demanda no mercado doméstico (FOSTER; VINCENT, 2010; KEITHLY-JR; POUDEL, 2008; LEBEL *et al.*, 2010; ROCHA 2011). Em 2011, os preços por categoria de tamanho variavam entre US\$ 4,67-6,04 para 80/100 (contagem de unidades de camarão), US\$ 4,95-6,60 para 70/80 e US\$ 5,85-8,10 para 50/60. Estes preços são 40-50% mais elevados do que os preços praticados pelos aqüicultores na Ásia (MUANGKEOW *et al.*, 2007).

#### **1.4.2 Avaliação do uso e Ocupação do Solo**

O uso de imagens de satélite tem permitido o monitoramento e mapeamento de áreas que requerem atenção sobre a gestão de recursos naturais (FREITAS *et al.*, 2011; GIAP; YI; YAKUPITIYAGE, 2005; SALAM; ROSS; BEVERIDGE, 2003). Técnicas de levantamento aéreo fornecem um nível de detalhes que permitem a visualização da paisagem de acordo com sua estrutura e distribuição temporal e espacial. O uso desta ferramenta é justificada pelo seu baixo custo e geração de dados digitais, que pode ser facilmente incorporados em um banco de dados GIS.

Em muitos países, a rápida expansão da carcinicultura tem causado grande destruição de manguezais (CHOWDHURY; SHIVAKOTI; SALEQUZZAMAN, 2006; AHMED; DEMAINE; MUIR, 2008). A destruição de áreas de manguezais foi documentada durante este estudo. Estes habitats estão legalmente protegidos e executam funções ecológicas

e econômicas importantes, como a proteção estrutural da costa contra a erosão, regulação hidrológica e abrigo para biota.

Contudo, fazendas de camarão localizados no estuário do Rio Jaguaribe foram construídas em menos de 0,2% (3,7 ha) de áreas de mangue. Da mesma forma, para a Costa do Norte de Sinaloa (México), uma análise de detecção de alterações de coberturas terrestres, com imagens Landsat, mostrou que 75% do cultivo de camarão nessa região foi construída sobre salgados, enquanto que menos de 1% foi construído em manguezais (BERLANGA-ROBLES *et al.*, 2011).

### ***1.4.3 Avaliação da Qualidade de Água***

A qualidade da água dos efluentes da carcinicultura depende de uma série de fatores, incluindo o tipo de solo do viveiro, qualidade da água no ponto de captação d'água, fase do cultivo e práticas de gestão empregadas (ZIEMANN *et al.*, 1992). A poluição da água é amplamente associada com o uso e a descarga de águas por parte viveiros de camarão (ANH *et al.*, 2010). Os problemas mais comuns em sistemas abertos de troca de água são *bloom* de fitoplâncton, deterioração dos fundo dos viveiros e doenças bacterianas (FUNGE-SMITH; BRIGGS, 1998).

A qualidade da água e os efeitos subsequentes da carcinicultura no ambiente costeiro foram avaliados por meio da análise dos parâmetros anteriormente mencionados, nas estações de amostragem selecionadas ao longo dos pontos de entrada e saída. Os parâmetros biológicos, físicos e químicos da água durante o período de monitoramento foram mantidos dentro do padrão brasileiro de qualidade de água de efluentes industriais lançados em águas salobras, exceto para NAT (converter em amônia), nitrato, nitrito e fósforo total. No entanto, as normas brasileiras de qualidade da água para o lançamento de efluentes industriais são mais restritivas do que os padrões para BPA (Boas Práticas de Aquicultura da Aliança Global de Aquicultura) Os padrões brasileiros de qualidade da água para NAT e fósforo total são  $\leq 0,4 \text{ mg L}^{-1}$  e  $\leq 0,12 \text{ mg L}^{-1}$ , respectivamente, enquanto que para os padrões BAP são  $\leq 5,0 \text{ mg L}^{-1}$  e  $\leq 0,5 \text{ mg L}^{-1}$ , respectivamente.

Vários estudos relacionados com o monitoramento da qualidade da água em fazendas de camarão relatam resultados semelhantes (ANH *et al.*, 2010; BIAO; CASILLAS-HERNÁNDEZ *et al.*, 2006; COSTANZO; O'DONOHUE; DENNISON, 2004; THOMAS *et al.*, 2010; TROTT; ALONGI, 2000; WAHAB; BERGHEIM; BRAATEN, 2003; ZHUHONG; XIAORONG, 2004). Além disso, várias pesquisas têm demonstrado que efluentes

provenientes de viveiros de camarão normalmente contém concentrações elevadas de nutrientes dissolvidos em comparação com a água oriunda dos pontos de captação (ANH *et al.*, 2010; BIAO; ZHUHONG; XIAORONG, 2004; COSTANZO; O'DONOHUE; DENNISON, 2004; THOMAS *et al.*, 2010).

Por outro lado, os valores de cada parâmetro ambiental permaneceram estáveis durante o período de 2010-2012, indicando a capacidade do estuário em reciclar nutrientes. Por exemplo, os níveis de NAT nos pontos de captação de água não diferiram significativamente ( $p > 0,05$ ) durante os anos 2010 (média de  $0,95 \text{ mg L}^{-1}$ , variando entre  $0,01$ - $3,30 \text{ mg L}^{-1}$ ), 2011 (média de  $0,40 \text{ mg L}^{-1}$ , variando entre  $0,03$ - $2,00 \text{ mg L}^{-1}$ ) e 2012 (média de  $0,87 \text{ mg L}^{-1}$ , variando entre  $0,03$ - $1,51 \text{ mg L}^{-1}$ ).

Os manguezais têm certa capacidade de tolerar entradas periódicas de efluentes de viveiros de carcinicultura (TROTT; ALONGI, 2000). Os autores sugerem que os efluentes podem ser dissipados pelas marés e assimilados e/ou mineralizados pela estuário. Nesse caso, na Austrália, a qualidade da água foi analisada por um período de 3 anos em um estuário com manguezais que recebeu aportes periódicos de efluentes de viveiros de camarão, e em dois estuários próximos, que não sofreram impacto (TROTT; ALONGI, 2000).

Os autores concluíram que estuários influenciados por marés têm alguma capacidade, pelo menos em escalas espacial e temporal curtas, para processar entradas intermitentes de nutrientes oriundos de viveiros. Entretanto, diferenças marcantes nos parâmetros físicos e químicos foram evidentes entre os pontos de captação de água e de lançamento de efluentes e na fazenda de camarão, quando esta estava vazia, em produção e em despesca (COSTANZO; O'DONOHUE; DENNISON, 2004). Segundo os autores, ficou evidente que o estuário tinha sido influenciado, como resultado de resíduos de fazendas de camarão.

## 1.5 Conclusão

Este trabalho avaliou os impactos ambientais e socioeconômicos do cultivo do camarão *Penaeus vannamei* e discutiu as técnicas sustentáveis de produção para a região Nordeste do Brasil. O Nordeste do Brasil é uma região com limitações ambientais, devido ao clima semiárido e as restrições no abastecimento de água. No entanto, esta região possui as melhores condições para o cultivo de camarão.

A indústria do camarão no estuário do Rio Jaguaribe é dominada por cultivos nos sistemas semi-intensivo e intensivo, com uma área de viveiros de 2.071,2 ha e uma produtividade média anual de 6,3 toneladas ha<sup>-1</sup>. Esta indústria tem proporcionado empregos diretos e indiretos para a população rural, proporcionando 1,14 emprego ha<sup>-1</sup>.

Atualmente, essa região não tem sido afetada por viroses. Por outro lado, infelizmente, os protocolos de biossegurança nas fazendas não tem sido usados para impedir a introdução ou reintrodução de patógenos específicos como WSSV e IMNV, respectivamente. Apesar dos aspectos positivos da carcinicultura, esta indústria possui impactos ambientais negativos.

Os problemas ambientais mais importantes causados pelo cultivo de camarões estão associados com o desmatamento de mangue e poluição da água. No entanto, o uso de imagens de satélite indicam que cerca de 99,8% das fazendas de camarão no estuário do Rio Jaguaribe foram construídas predominantemente em salgados ou em outras áreas costeiras e o restante 0,2% foram implantados em áreas de mangue. Além disso, não se verificou alterações nos parâmetros da qualidade da água durante o período de 2010-2012, indicando que este estuário tem certa capacidade para processar nutrientes provenientes dos viveiros.

Finalmente, para um maior crescimento e intensificação do cultivo de camarões e redução dos impactos negativos associados a esta indústria, é necessário o uso de programas de melhoramento genético, pós-larvas SPF, ambientes biosseguros com barreiras físicas, tratamento dos viveiros, tratamento da água de captação, tratamento e reutilização dos efluentes.

## CAPÍTULO 2

### **Análise Técnica e Ambiental da Carcinicultura no Estuário do Rio Coreaú, Ceará, Brasil.**

#### **RESUMO**

Em comparação com outros países, a carcinicultura brasileira teve um desenvolvimento moderado ocupando uma área de menos de 20.000 hectares. Apesar da importância da carcinicultura no desenvolvimento da economia rural, muitas críticas técnica e/ou científica infundadas foram feitas devido a possíveis impactos ambientais e sociais desta indústria. O objetivo deste estudo foi avaliar os aspectos técnicos, sociais e ambientais do cultivo de camarão no estuário do Rio Coreaú, Ceará, Brasil. O foco foi sobre as características de operação das fazendas de camarão, dos padrões de uso e ocupação das unidades de paisagem e do monitoramento de alguns parâmetros físicos, químicos e biológicos referentes a qualidade de água. Os resultados indicam que nenhuma fazenda de camarão foi construída em área de mangue e não foram detectados impactos ambientais significativos sobre a poluição da água. No entanto, é interessante identificar opções viáveis, do ponto de vista tecnológico e económico, para resolver ou atenuar o impacto ambiental negativo de uma futura expansão de fazendas de camarão na região.

**Palavras-chave:** Mangues. *Penaeus vannamei*.



**Technical and Environmental Analysis of Shrimp Farming in the Coreaú River Estuary, Ceará State, Brazil.**

**ABSTRACT**

Compared with other countries, the Brazilian shrimp aquaculture had a moderate development occupying an area of less than 20,000 hectares. Despite the importance of shrimp farming in rural economy developing, many critics unproven technical and/or scientific have been made due to possible environmental and social impacts of this industry. The objective of this study was to evaluate the technical, social and environmental aspects of shrimp farming in the Coreaú river estuary, Ceará, Brazil. The focus was on the operational characteristics of shrimp farms, the patterns of use and occupation of landscape units and the monitoring of some physical, chemical and biological parameters related to water quality. Results indicate that no shrimp farm was constructed on mangrove areas and no significant environmental impacts regarding water pollution were detected. However, it is interesting to identify technologically and economically feasible options for to resolve or mitigate the negative environmental impact of a future expansion of shrimp farms in this region.

**Keywords:** Mangroves. *Penaeus vannamei*.

## 2.1 Introdução

A produção mundial de camarão branco *Penaeus vannamei* aumentou rapidamente de 2,2 milhões de toneladas, em 2008, para 2,7 milhões de toneladas, em 2010, com uma taxa anual média superior a 10,2% (FAO 2012). Historicamente, fazendas de camarão começaram a se desenvolver rapidamente no início de 1980 em resposta à demanda do mercado internacional e apoiada por políticas governamentais em muitos países tropicais e subtropicais (ANH *et al.*, 2010; LEBEL *et al.*, 2002; LEBEL *et al.*, 2010; NEILAND *et al.*, 2001).

A indústria de cultivo de camarão tem sido muitas vezes estimulada em países em desenvolvimento pela sua capacidade de promover a diversificação da economia, a transferência tecnológica, o emprego rural e a entrada de divisas (BAILEY *et al.*, 1988; ISLAM; BRADEN, 2006; ISLAM, 2008; NEILAND *et al.*, 2001; PONCE-PALAFIX *et al.*, 2011; VANDERGEEST, 2007).

Por outro lado, a carcinicultura tem sido historicamente relacionada com impactos ambientais negativos, incluindo a degradação em larga escala de mangues, alteração das zonas húmidas, salinização das águas subterrâneas e superficiais, poluição das terras agrícolas e das águas costeiras por meio dos efluentes de viveiros, introdução de espécies exóticas e/ou patógenos em ambientes costeiros, e conseqüentemente, a perda de bens e serviços gerados pelos recursos naturais de uso comum (ALAM *et al.*, 2007; AZAD; JENSEN; LIN, 2009; COSTANZO; O'DONOHUE; DENNISON, 2004; DOTE-SÁ *et al.*, 2013; FLAHERTY; VANDERGEEST, 1998; GUNAWARDENA; ROWAN, 2005; ISLAM; WAHAB; PÁEZ-OSUNA, 2001; PÁEZ-OSUNA *et al.*, 2003; PRIMAVERA, 1991; PRIMAVERA, 1997; PRIMAVERA, 2006; TANAKA, 2004; VEUTHEY; GERBER, 2011).

Nas Américas, esta indústria foi responsável por 20% da produção de camarão mundial. Os principais produtores de camarão cultivado no hemisfério ocidental incluem Equador, México e Brasil (MOSS *et al.* 2012). A produção brasileira foi estimada em 70.000 toneladas com uma receita de US\$ 280 milhões, em 2010 (FAO, 2012). No Brasil, a carcinicultura começou a se desenvolver na década de 1980 com a introdução do camarão branco *P. vannamei*, estimulado pela demanda do mercado internacional por um camarão com alta demanda.

A região Nordeste do Brasil é responsável por cerca de 97% da produção de camarão do país (LIGHTNER, 2011). A indústria nacional de cultivo de camarão tem sido estudada a partir de diferentes pontos de vista, considerando vários aspectos, tais como:

questões técnicas, econômicas, sociais e ambientais (ABREU *et al.*, 2011; ANDRADE *et al.*, 2007; CARVALHO; NUNES, 2006; CASÉ *et al.*, 2008; COSTA *et al.*, 2011; DOTE-SÁ *et al.*, 2013; QUEIROZ, 2007; LOPES, 2008; MOLES; BUNGE, 2002; ROCHA, 2011; SOUSA *et al.*, 2006; TEIXEIRA-LOPES *et al.*, 2010; TEIXEIRA-LOPES *et al.*, 2011). Em contraste, pouco se sabe sobre os benefícios das fazendas de camarão brasileiras, apesar do grande número de artigos científicos, manuais técnicos e protocolos de gerenciamento (DOTE-SÁ *et al.*, 2013; QUEIROZ *et al.*, 2013; TEIXEIRA-LOPES *et al.*, 2010).

O Estado do Ceará ocupa posição de destaque na carcinicultura brasileira, com uma produção de camarão cultivado de 21.000 toneladas, em 2010, e 30.000 toneladas, em 2011, representando um aumento de 42,8% no período (BRASIL, 2012). Apesar da importância do cultivo de camarão no desenvolvimento da economia rural do Estado do Ceará, muitas críticas não comprovadas têm sido feitas sobre os impactos sociais e ambientais negativos desta indústria. Sendo assim, estudos devem ser realizados para estabelecer o uso e ocupação das terras costeiras por fazendas de camarão e suas possíveis relações com a destruição de manguezais, poluição costeira, enfermidades, lançamento de efluentes dos viveiros, diminuição da segurança alimentar e a marginalização das comunidades costeiras.

O estuário do Rio Coreaú é a terceira maior área produtiva de camarão cultivado no estado do Ceará. Atualmente, não há estudos que relatam os impactos ambientais das fazendas de camarão neste estuário. O objetivo do presente estudo foi realizar o georreferenciamento das áreas de carcinicultura usando imagens de satélite e técnicas de geoprocessamento, além de analisar questões técnicas e ambientais das fazendas de camarão no estuário do Rio Coreaú, Estado do Ceará, Brasil.

## **2.2 Material e Métodos**

### **2.2.1 Área de Estudo**

Este estudo foi desenvolvido em fazendas de camarão situadas ao longo da bacia hidrográfica do Rio Coreaú, municípios de Granja e Camocim. O Rio Coreaú faz parte da região hidrográfica do Atlântico Nordeste Brasileiro, localizado na região Oeste do Estado do Ceará e representa uma das principais reservas hídricas do Estado com a área fechada de aproximadamente 4.400 km<sup>2</sup>. O estuário do Rio Coreaú compreende áreas significantes de florestas de mangue com aproximadamente 100 km<sup>2</sup> e é caracterizada por uma grande importância econômica e ecológica (Figura 2.1).

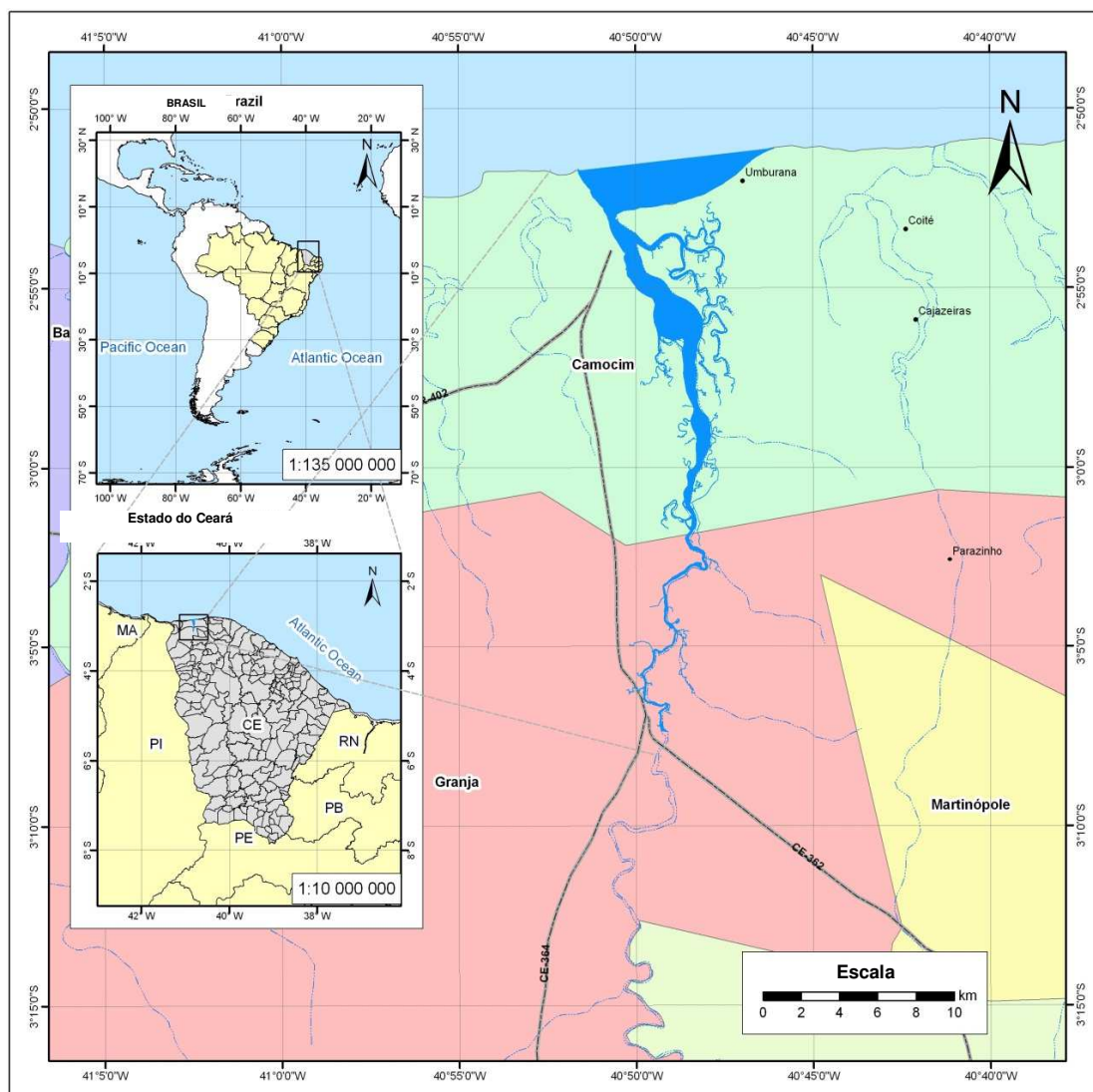
### **2.2.2 Parâmetros Técnicos**

Todas as fazendas de camarão foram visitadas para a coleta de informações sobre as características de funcionamento da carcinicultura. Esta análise foi focada na produção de camarão em viveiros, com especial atenção para as operações de cultivo e despesca (DOTE-SÁ *et al.*, 2013).

A metodologia foi baseada em observações de campo, entrevistas e análise de dados secundários (ABREU *et al.*, 2011). Um levantamento realizado no período 2010-2012 envolveu entrevistas, utilizando um questionário semiestruturado. Dentre os entrevistados, proprietários ou gestores, comerciantes, gerentes de indústrias de beneficiamento, gerentes de larviculturas e servidores públicos. A análise de dados foi baseada nas observações de campo, transcrição das entrevistas, fontes externas, incluindo documentos oficiais e literatura acadêmica de acordo com GOLAFSHANI (2003).

Além disso, foram coletados dados sobre os benefícios e problemas da carcinicultura. Os benefícios incluem a criação de empregos formais diretos, empregos sazonais, empregos formais indiretos, incluindo larviculturas e indústrias de beneficiamento, entrada de divisas, diversificação da economia, estímulo de setores relacionados as áreas de produção e venda, fluxo de investimentos diretos e transferência tecnológica. Os aspectos negativos da carcinicultura incluem problemas técnicos, ambientais, econômicas e sociais.

Figura 2.1 – Área de Estudo: Estuário do Rio Coreaú.



Fonte: BRASIL (2014b), adaptado.

### 2.2.3 Processamento das Imagens de Satélite

A metodologia aplicada para a identificação das fazendas de camarão foi baseada na análise de imagens de satélite com uma resolução de 15 metros por pixel (LANDSAT 8). Foram utilizadas imagens disponíveis na plataforma on-line do Google Earth (GOOGLE, 2014) (*QuickBird*) com alta resolução (2 metros por pixel). A correção geométrica foi aplicada para eliminar distorções de imagem introduzidas pelo agrupamento geométrico.

Em seguida, as imagens foram sobrepostas em camadas, usando fotografias aéreas digitais editada pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil, a fim de caracterizar o tipo de uso e ocupação do solo das fazendas de camarão. Estas fotografias

aéreas foram obtidos na década de 1960, quando não havia esses empreendimentos no Brasil. Posteriormente, mapas temáticos foram desenvolvidos por meio do uso de técnicas de interpretação digital de imagens e Sistema de Informações Geográficas (Geographic Information System - GIS), e de geoprocessamento disponíveis no software SPRING 4.2 e ArcGIS 9.0. Usando o processamento de imagem e os resultados de classificação, foi possível mapear e levantar as áreas ocupadas por cultivos de camarão no estuário do Rio Coreaú.

#### ***2.2.4 Amostragem e Análises de Água***

Para a coleta das amostras, nove fazendas de camarão foram visitadas durante oito expedições de amostragem a partir de janeiro de 2010 a dezembro de 2011. Durante a época de cultivo de camarão, num total de 72 e 144 amostras foram coletadas em fazendas de camarão nos pontos de captação de água e de drenagem de efluentes, respectivamente. As amostras de água foram armazenadas em garrafas de plástico limpas e direcionadas imediatamente ao laboratório para análise.

Os parâmetros de qualidade de água foram analisados de acordo com APHA (1998). Os parâmetros estudados foram temperatura, salinidade, pH, oxigênio dissolvido (OD), nitrogênio amoniacal total (NAT), amônia, nitrato, nitrito, fósforo total, clorofila *a*, DBO, turbidez e coliformes. Os dados de qualidade da água foram analisados por meio da análise de variância (ANOVA), seguido pelo teste t de Student, com nível de significância de *alfa* igual a 0,05, utilizando o programa BioEstat versão 5.3. Os valores foram expressos como a média  $\pm$  DP.

## 2.3 Resultados

### 2.3.1 O Sistema de Cultivo de Camarão

O número de fazendas de camarão branco *Penaeus vannamei* no estuário do Rio Coreáú em viveiros de terra tem aumentado nos últimos anos. A indústria tem apenas 9 fazendas participantes (Tabela 2.1). A faixa de tamanho das fazendas no estuário do Rio Coreáú variou 9-310 ha, com uma média estimada em 60 ha, seguindo orientação de Moles, Bunge (2002) dividindo em três categorias: pequenas (<30 ha), médias (entre 30 e 100 ha) e grandes (> 100 ha). O sistema de cultivo mais comum na região é do tipo semi-intensivo que ocorre em 90,5% das empresas, enquanto o sistema intensivo compreende 9,5%.

Neste estudo, a área total dedicada ao cultivo de camarão foi 670,1 ha, em 2011 (Figura 2.2). A área de viveiros foi 539,3 ha, enquanto os 130,8 ha restantes referem-se as edificações, como canais de adução, estações de bombeamento, canais de abastecimento e canais de despesca (Tabela 2.1). Além disso, as informações apresentadas por três carcinicultores indica uma expansão da área de produção em mais de 370 ha, incluindo a construção de uma nova fazenda de camarão no período 2011-2013 (comunicação pessoal).

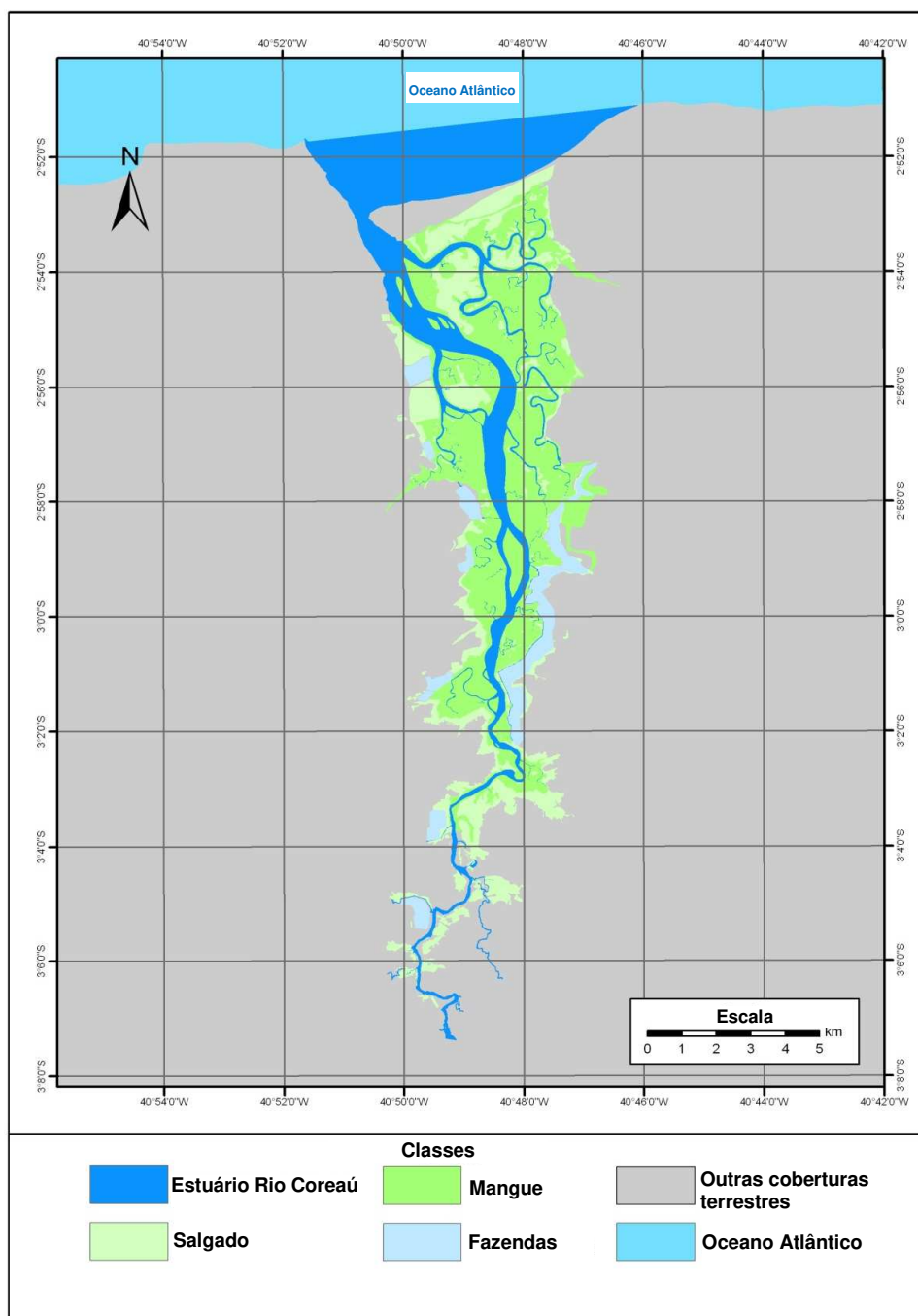
Detalhes sobre a gestão e características de fazendas de camarão estão resumidos na Quadro II.I. O tamanho dos viveiros é variável (1,3 e 15,7 ha), sendo predominante entre 2-5 ha. A densidade média de povoamento para fazendas de camarão em sistemas intensivos é de 40 PLs m<sup>-2</sup> e para o semi-intensivo 20 PLs m<sup>-2</sup>. Em 2010-2012, a sobrevivência era normalmente na faixa de 60,2-95,9% da estocagem a despesca.

As fazendas de camarão operam durante o ano inteiro com 2,4 a 5,2 ciclos de ano<sup>-1</sup>. Em 2011, a produção total foi de 3.324 toneladas em uma área de viveiros de 539,3 ha, com uma produtividade média de 6,2 toneladas ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Diferentes rações comerciais têm fator de conversão alimentar (FCA) diferentes, sendo obtido valores entre 0,7 e 1,5 para as condições de cultivo predominantes na região.

Tabela 2.1 – Características das fazendas de camarão em relação ao tamanho da área de produção (em hectares).

| Sistema de produção | Pequena            |           | Média              |           | Grande             |           | Total              |           |
|---------------------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|
|                     | Número de empresas | Área (ha) | Número de empresas | Área (ha) | Número de empresas | Área (ha) | Número de empresas | Área (ha) |
| Semi-intensivo      | 3                  | 59,0      | 3                  | 119,3     | 1                  | 310,0     | 7                  | 488,3     |
| Intensivo           | 1                  | 9,0       | 1                  | 42,0      | 0                  | 0,0       | 2                  | 51,0      |
| Total               | 4                  | 68,0      | 4                  | 161,3     | 1                  | 310,0     | 9                  | 539,3     |

Figura 2.2 – Mapa temático da distribuição na zona costeira do Estuário do Rio Coreaú. Categorias de cobertura da terra obtidas por digitalização e por meio de classificação supervisionada por Landsat Geocover de 1999-2000, CBERS de 2009-2010 e as imagens do Google Earth.



Fonte: Google (2014), adaptado.



Quadro II.I – Características das diferentes práticas na carcinicultura no estuário do Rio Coreaú, Estado do Ceará, Brasil.

| Características   | Sistemas de cultivo                 |                          |
|---|-------------------------------------|--------------------------|
|   | Semi-intensivo                      | Intensivo                |
| Tamanho do viveiro (ha)   | 2,5 - 15,7                          | 1,3 - 2,1                |
| Densidade de estocagem (PL m <sup>-2</sup> )                        | 15 - 30                             | 30 - 50                  |
| Taxa de sobrevivência (%)   | 75,1 - 95,9                         | 60,2 - 84,2              |
| Troca de água (%)   | 0 - 5                               | 3 - 30                   |
| Aeração (HP ha <sup>-1</sup> )                                      | 0 - 4                               | 4 - 12                   |
| Produtividade (tonelada ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )        | 5,9                                 | 8,1                      |
| Número de cultivos ano <sup>-1</sup>                                | 3,2 - 5,2                           | 2,4 - 3,6                |
| Produção (tonelada ano <sup>-1</sup> )                              | 2.912,1                             | 412,1                    |
| Uso de fertilizantes (tonelada ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> ) | Ureia < 0,25; TSP < 0,03            | Ureia < 0,50; TSP < 0,10 |
| Consumo de ração (tonelada ano <sup>-1</sup> )                      | 2.795,0                             | 570,7                    |
| Alimentação   | Alimento Natural e Ração Peletizada | Ração Peletizada         |
| Teor proteico da ração (%)  | 40 - 30                             | 40 - 35                  |
| FCA   | 0,8 - 1,2                           | 1,3 - 1,5                |
| Uso de químicos   | Sim                                 | Sim                      |
| Empregos formais diretos (emprego ha <sup>-1</sup> )                | 0,34                                | 0,65                     |
| Empregos sazonais diretos (emprego ha <sup>-1</sup> )*              |                                     | 0,06                     |
| Empregos indiretos (emprego ha <sup>-1</sup> )*                     |                                     | 0,63                     |
| Problemas com doenças   | Raro (IMNV e IHNNV)                 | Raro (IMNV e IHNNV)      |
| Custos operacionais   | Moderado para alto                  | Moderado para alto       |
| Impacto ambiental   | Relativamente baixo                 | Relativamente baixo      |
| Implicações sociais   | Moderado para alto                  | Moderado para alto       |
| Proliferação econômica  | Comercial                           | Comercial                |
| Sustentabilidade  | Moderada para baixo                 | Moderada para baixo      |

\*O número de empregos foi calculado com base na área total de viveiros das fazendas de cultivo de camarão (539,3 ha).

Antes de cada ciclo de produção, os viveiros são esvaziados e o fitoplâncton sedimentado é removido (após a despesca e antes de um novo ciclo). Dependendo das condições naturais de cada área, viveiros podem requerer tratamento adicional antes de um novo ciclo. No caso de solo com pH ácido, o tratamento com calcário dolomítico e/ou cal virgem e/ou cal hidratada é feito para neutralizar a acidez do solo no viveiro na fase de preparação. Tipicamente, a dosagem de calcário dolomítico, cal virgem ou cal hidratada varia entre 1,0 e 3,0 toneladas ha<sup>-1</sup>, dependendo do pH do solo.

Os viveiros são então arados continuamente durante dois a cinco dias, para eliminar predadores, competidores e/ou vetores de patógenos, como peixes e caranguejos, em suas diferentes formas de vida. Os viveiros são desinfetados com hipoclorito de sódio,

abastecidos e depois fertilizados, para promover a produção de algas, com fontes de nitrogênio e fósforo. A qualidade da água antes do povoamento com pós-larvas de camarão têm que cumprir as diretrizes para o cultivo de camarão branco e deve ser mantida durante toda a temporada de cultivo.

A indústria de cultivo de camarão no estuário do Rio Coreaú gerou uma média de 1,05 emprego por hectare, entre empregos formais diretos, empregos sazonais, empregos formais indiretos, incluindo larviculturas e procedimentos de pós-despeca (Quadro II.I). As fazendas de camarão são responsáveis pela geração de 197 empregos formais diretos e 30 empregos sazonais relacionados à despeca de camarão. As outras atividades secundárias, incluindo compradores de camarão e de indústrias de beneficiamento geraram 338 empregos formais diretos.

Os empregos gerados por indústrias de fertilizantes e de rações não foram considerados, pois essas empresas não estão localizadas na região do Estuário do Rio Coreaú. A população local é o principal beneficiário de postos de trabalho criados. No entanto, empregos qualificados são frequentemente oferecidos a profissionais de nível superior oriundos de outras cidades. Além disso, esta indústria tem contribuído para o fortalecimento e diversificação da economia local, aumentando o número de empregos em outros setores da indústria e do comércio.

Atualmente, os estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Bahia, Ceará e Pernambuco são apontados como os maiores consumidores de camarão do Brasil, com praticamente 100% da produção destinada ao mercado interno. Muitos produtores de camarão comercializam para plantas de beneficiamento, enquanto alguns produtores preferem vender camarão defumado para o Estado do Pará. Parte do camarão processado e enviado por terra para abastecer os centros de consumo no Brasil, mas uma parte significativa é comercializada na forma de camarão *in natura*, na forma de venda direta a outros clientes, como redes de supermercados, lojas, hotéis e restaurantes.

### ***2.3.2 Avaliação do Uso e Ocupação do Solo***

Os polígonos construídos para o Estuário do Rio Coreaú, envolvendo as áreas de salgados, manguezais, fazendas de camarão, outras coberturas terrestres e para o Oceano Atlântico foram digitalizadas e formatadas sobrepostas antes do processo de classificação que produziu os mapas temáticos com as categorias de uso e ocupação do solo (Figuras 2.2 e 2.3).

Os resultados obtidos com a digitalização das fazendas de camarão no Landsat Geocover e as imagens CBERS revelaram um total de 9 fazendas de camarão totalizando 670,1 ha distribuídos as margens do Rio Coreaú. Nessa região, existe um nítido potencial de expansão de fazendas de camarão, devendo, contudo, levar em consideração a legislação ambiental, uma vez que a maior parte das áreas adequadas para o cultivo de camarão são áreas de salgado, além de terras agrícolas.

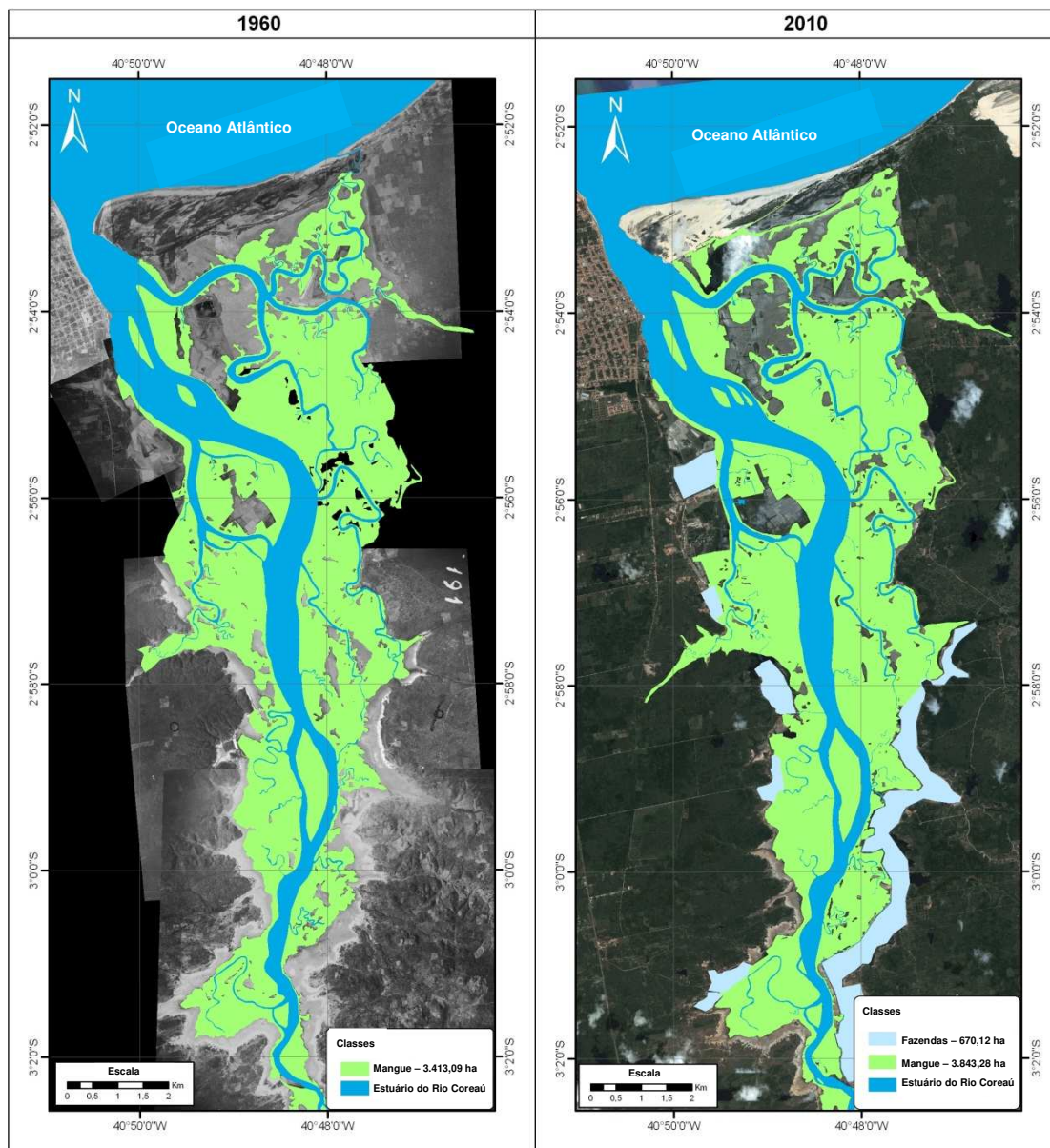
Os cálculos realizados mostraram que, no período 1960-2010, a área de mangue aumentou de 3.413,1 para 3.843,3 ha, embora o movimento de dunas na margem direita do Rio Coreaú tenha contribuído para uma ligeira redução no mangue (Figura 2.3). O aumento de 430,2 ha nas extensões de manguezais ocorreu em terrenos adjacentes as terras colonizadas por mangues, principalmente, nas ilhas.

### ***2.3.3 Avaliação da Qualidade de Água***

Durante o período estudado, a temperatura da água não variou para as amostras obtidas nos pontos de captação de água e de lançamento de efluentes e foi observada uma variação sazonal normal (Quadro II.I). Da mesma forma, não houve diferenças significativas quando o parâmetro estudado foi o pH. Foram observadas diferenças significativas de salinidade da água por causa da diferença no volume de chuvas durante o período de estudo (2010 com 460 mm e 2011 com 1.241 mm). No entanto, houve diferença significativa na salinidade entre as amostras nos pontos de captação de água e de lançamento de efluentes.

Além disso, os valores de oxigênio dissolvido, NAT, amônia, nitrato, nitrito, fósforo total e clorofila *a* foram significativamente maiores no ponto de lançamento de efluentes do que na captação de água para os dois anos estudados. Contudo, os valores de DBO e a turbidez foram significativamente maiores nos pontos de lançamento de efluentes que nos pontos de captação de água, somente no ano de 2010.

Figura 2.3 – Mapas temáticos e áreas estimativas de distribuição na zona costeira do estuário do Rio Coreaú. Categorias de cobertura da terra obtidas por digitalização e por meio de classificação supervisionada por fotografias aéreas de 1960, Landsat Geocover 1999-2000, CBERS de 2009-2010, bem como imagens do Google Earth.



Fonte: Brasil (2014a), adaptado.

Tabela 2.2 – Características da água nos pontos de captação e efluentes dos viveiros de camarão no Estuário do Rio Coreaú.

| Parâmetro          | Unidade | 2010               |                     | 2011               |                     | Padrão <sup>1</sup> |
|--------------------|---------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
|                    |         | Captação de água   | Efluentes           | Captação de água   | Efluente            |                     |
| Temperatura        | °C      | 25,3 (25,1 - 25,9) | 25,4 (24,3 - 26,9)  | 26,4 (20,9 - 29,9) | 26,0 (21,9 - 30,1)  | n.a.                |
| Salinidade         | Ppt     | 41,5 (39,0 - 44,0) | 44,2 (30,0 - 52,0)  | 18,38 (0,0 - 32,5) | 16,7 (0,0 - 35,0)   | 0,5 - 30,0          |
| pH                 |         | 7,7 (7,6 - 7,9)    | 8,0 (8,0 - 8,1)     | 6,9 (6,3 - 7,9)    | 7,0 (6,5 - 7,6)     | 6,0 - 9,0           |
| OD                 | mg/L    | 4,7 (4,6 - 4,9)    | 8,2 (6,0 - 10,2)*   | 5,2 (2,6 - 7,4)    | 8,7 (5,0 - 15,4)*   | > 4,0               |
| NAT                | mg/L    | 0,55 (0,01 - 1,55) | 2,55 (1,15 - 3,50)* | 1,57 (0,01 - 1,31) | 2,35 (0,95 - 3,25)* | ≤ 0,40              |
| Amônia             | mg/L    | 0,01 (0,0 - 0,01)  | 0,20 (0,04 - 0,47)* | 0,02 (0,0 - 0,2)   | 0,14 (0,07 - 0,22)* | n.a.                |
| Nitrato            | mg/L    | 0,5 (0,5 - 0,6)    | 1,1 (1,0 - 1,5)*    | 0,3 (0,2 - 0,5)    | 0,9 (0,6 - 1,5)*    | ≤ 0,40              |
| Nitrito            | mg/L    | 0,01 (0,0 - 0,01)  | 0,04 (0,03 - 0,05)* | 0,02 (0,0 - 0,05)  | 0,04 (0,1 - 0,07)*  | ≤ 0,07              |
| Fosforo total      | mg/L    | 0,08 (0,06 - 0,09) | 0,20 (0,11 - 0,40)* | 0,08 (0,01 - 0,20) | 0,20 (0,10 - 0,31)* | ≤ 0,12              |
| Clorofila <i>a</i> | µg/L    | 1,5 (1,0 - 2,0)    | 30,0 (15,0 - 45,0)* | 1,8 (1,0 - 4,0)    | 15,2 (8,0 - 21,0)*  | ≤ 30,0              |
| DBO                | mg/L    | 1,2 (0,4 - 2,1)    | 8,4 (3,0 - 13,9)*   | 3,7 (1,4 - 6,3)    | 12,7 (4,7 - 25,0)   | n.a.                |
| Turbidez           | NTU     | 1,5 (1,0 - 2,0)    | 37,5 (4,0 - 62,0)*  | 7,0 (4,0 - 13,0)   | 11,7 (6,0 - 18,0)   | n.a.                |

n.a. = Não Avaliado; <sup>1</sup> CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) Resolução no. 357 de 17 de março de 2005 (Padrão Brasileiro de qualidade de água dos efluentes industriais descarregados em água salobra). \* Denota diferenças significativas entre os pontos de captação de água e de lançamento de efluente para cada ano estudado.

## 2.4 Discussão

No estuário do Rio Coreaú, entre 1998 e 2011, a atividade de carcinicultura cresceu de zero a 670,1 ha, representando 11,7% da área de viveiros no Estado do Ceará. O rápido desenvolvimento da carcinicultura na região é um fenômeno semelhante ao observado em outras regiões do Ceará e em outros estados do Brasil (DOTE-SA *et al.*, 2013; ABREU *et al.*, 2011; ROCHA, 2011). Da mesma forma, esse crescimento tem sido observado em muitos países tropicais e sub-tropicais por causa dos altos retornos econômicos (ANH *et al.*, 2010; KAISER *et al.*, 2013; NGUYEN *et al.*, 2013; PONCE-PALAFIX *et al.*, 2011;).

Os sistemas aquícolas têm gradualmente migrado de sistemas extensivos tradicionais para sistemas mais otimizados, usando processos denominados de semi-intensivo e intensivo, os quais são classificados de acordo com o tamanho do viveiro, taxa de renovação de água, capital, trabalho, utilização de ração e produtos químicos e densidades de estocagem (ANH *et al.*, 2010). No estuário do Rio Coreaú, o modelo semi-intensivo utiliza viveiros variando entre 2,5-15,7 hectares, proporcionando rendimentos em torno de 5,9 toneladas ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, enquanto os sistemas intensivos, tipificados por elevadas densidades de estocagem, usam viveiros com 1,3-2,1 hectares, obtendo produtividades de 8,1 toneladas ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

Em comparação com outros países, o sistema de produção de camarão intensivo no estuário do Rio Coreaú tem uma densidade relativamente baixa (30-50 PLs m<sup>-2</sup>). A densidade de estocagem de sistemas semelhantes na Tailândia, Taiwan, China e México variam entre 50-100 PLs m<sup>-2</sup> (FLAHERTY; SZUSTER; MILLER, 2009; PÁEZ-OSUNA; RUIZ-FERNÁNDEZ, 2005;).

Apesar da expansão na área de produção nos últimos anos, as doenças não têm tido uma ocorrência regular nas fazendas de camarão do estuário do Rio Coreaú, no período 2010-2012 (TEIXEIRA-LOPES *et al.*, 2010; TEIXEIRA-LOPES *et al.*, 2011). Conseqüentemente, devido à ausência de doenças virais, as fazendas aumentaram a densidade de estocagem, produção e produtividade.

Embora, as fazendas de camarão tenham sofrido um sério colapso devido a um surto de doença no período de 2003-2009, a indústria e o governo brasileiro não implementaram o uso de camarões SPF e Certificados de Código de Conduta (ANDRADE *et al.*, 2007; POULOS *et al.*, 2006). Além disso, as fazendas de camarão também não implementaram planos de biossegurança, boas práticas de manejo (BPM) e o uso de pós-larvas certificadas, apesar da ocorrência recente de enfermidades e outros problemas técnicos.

Além disso, devido aos seus custos elevados e falta de conhecimento dos criadores de camarão, ainda é estimado que a maioria das fazendas não tem seus efluentes tratados.

No estuário do Rio Coreaú, as fazendas de camarão operam durante todo o ano com vários ciclos. Esses empreendimentos produzem camarão de tamanho pequeno (100/120 e 80/100, contagem de peças de camarão por quilograma) que têm uma grande demanda e preços atraentes no mercado interno. A tendência geral na região é aumentar a densidade de estocagem (20-80 PL m<sup>-2</sup>), por conta dos elevados preços no mercado interno. Infelizmente, devido à ausência de protocolos de biossegurança, estas fazendas de camarão poderão ser novamente afetada por doenças, resultando em ineficiências de produção e lucros reduzidos.

Para reduzir o risco de insucesso durante um cultivo e poluição ambiental, os aquicultores usam uma quantidade adequada de ração, fertilizantes e produtos químicos durante um ciclo de produção. A aplicação de probióticos na região é relativamente recente, mas o interesse neste protocolo está aumentando rapidamente. Além disso, a utilização de pesticidas, antibióticos e outros compostos tóxicos não tem sido relatada nas fazendas de camarão no Estuário do Rio Coreaú.

A carcinicultura emprega 565 pessoas, nos municípios de Camocim e Granja, onde está inserido o estuário do Rio Coreaú. Os trabalhadores nessa região geralmente têm pouca escolaridade e passam por capacitação para trabalhar eficientemente em uma fazenda de camarão, enquanto os gerentes são normalmente oriundos de outros centros urbanos e recebem os maiores salários. A expansão de fazendas de camarão no estuário do Rio Coreaú é recente e isso é atribuído aos elevados lucros potenciais. Por outro lado, a carcinicultura, nos estuários dos rios Jaguaribe, apresenta-se mais estruturada, tanto em equipamentos como em infraestrutura, e geram, também, um número maior de empregos diretos e indiretos.

Em comparação com a principal região produtora do estado do Ceará, as fazendas de camarão no estuário do Rio Coreaú geram apenas um quarto dos postos de trabalho em relação ao estuário do Rio Jaguaribe (DOTE-SA *et al.*, 2013). É reconhecido que esta indústria contribui de forma relevante para o emprego rural como observado em outros países em desenvolvimento (ISLAM; BRADEN, 2006; MELTZOFF; LIPUMA, 1986). Os benefícios sociais são vistos como a criação de emprego rural, fortalecimento da economia local, redução da pobreza e segurança alimentar (AZAD; JENSEN; LIN, 2009; ITO, 2002; MELTZOFF; LIPUMA, 1986; PAUL; VOGL, 2011).

Infelizmente, a expansão da carcinicultura tem gerado constantes críticas por suas consequências socioambientais negativas, incluindo o desemprego, a marginalização dos pobres rurais, o crescimento dos sem terra, colapso dos sistemas de apoio à subsistência

tradicional, aumento da pobreza, diminuindo a segurança alimentar e a transferência de terras e riqueza para as elites locais e nacionais (QUEIROZ *et al.*, 2013; NEILAND *et al.*, 2011). No entanto, falta objetividade pelos autores dessas críticas ao fazerem essas ponderações. Pelo contrário, as fazendas de camarão no estuário do Rio Coreaú são responsáveis por estimular a economia local e melhorar o bem-estar das comunidades tradicionais.

Um grande número de satélites fazem o monitoramento do planeta Terra, fornecendo imagens frequentes de sua superfície. A partir de imagens geradas por estes satélites, vários estudos podem fornecer informações úteis para a gestão sustentável das fazendas de camarão (FREITAS *et al.*, 2011; GIAP; YI; YAKUPITIYAGE, 2005; RAJITHA; MUKHERJEE; VINU-CHANDRAN, 2007; SALAM; ROSS; BEVERIDGE, 2003;).

Por meio do uso de imagens satélites e de técnicas de georreferenciamento, estimou-se que os 670,1 ha referente as áreas das fazendas de camarão no estuário do Rio Coreaú foram estabelecidos principalmente em salgados e/ou em carnaubais (Figura 2.2). Estas coberturas terrestres são compostas por terras planas e solos com baixas taxas de infiltração, tornando-as ideais para a construção de viveiros de camarão. Por outro lado, mesmo com a ocupação das fazendas de camarão, um incremento nas áreas de mangue foi observado nos últimos anos. Os cálculos indicaram que em 1960, existiam cerca de 3.413,1 ha de mangue, atingindo cerca de 3.843,28 ha, em 2010 (Figura 2.3), resultando em uma taxa de crescimento da área do mangue de 2,0% ano<sup>-1</sup>. Além disso, os resultados indicam que nenhuma fazenda de camarão foi construída em áreas de mangue.

O desenvolvimento de fazendas de camarão em vários países é reconhecido como um dos principais fatores que contribuem para o desmatamento mangue. No Brasil, o crescimento da carcinicultura gerou falsas críticas das suas consequências ambientais, incluindo a conversão de mangue e desapropriação (QUEIROZ *et al.*, 2013). Por exemplo, devido à falta de evidências, o autor tenta relacionar o crescimento de áreas de mangue (980 a 1.020 ha), com fazendas de camarão abandonadas, apesar de uma expansão de 295 a 2.468 ha no período 1988-2011. No entanto, na área de estudo (estuário do Rio Jaguaribe), não há fazendas de camarão abandonadas (DOTE-SÁ *et al.*, 2013).

Embora o potencial de poluição dos efluentes de viveiros de camarão seja mínimo em comparação com o desperdício de água industrial ou doméstico (MACINTOSH; PHILLIPS, 1992), os problemas surgem por causa dos grandes volumes de água descarregados pelos sistemas intensivos e agravado por conta da alta concentração de unidades de exploração aquícolas em áreas com fontes limitadas de água e descargas



inadequadas (SALAM; ROSS; BEVERIDGE, 2003). Apesar da sua importância, pouco se conhece sobre o potencial de poluição de efluentes de viveiros de camarão no Brasil.

Valores de qualidade da água obtidos a partir deste estudo estão dentro do intervalo aceitável para o cultivo de *Penaeus vannamei*. Além disso, os parâmetros físicos e químicos da água durante o período de monitoramento foram mantidos dentro do padrão nacional de qualidade de água de efluentes industriais lançados em águas salobras, exceto para NAT (converter em amônia), nitrato, nitrito e fósforo total.

No entanto, as normas brasileiras de qualidade da água para o lançamento de efluentes industriais são mais restritivas do que as normas de BPA (Boas Práticas de Aquicultura da Aliança Global de Aquicultura). Os padrões brasileiros de qualidade da água para NAT e fósforo total são  $\leq 0,4 \text{ mg L}^{-1}$  e  $\leq 0,12 \text{ mg L}^{-1}$ , respectivamente, enquanto que para os padrões BAP são  $\leq 5,0 \text{ mg L}^{-1}$  e  $\leq 0,5 \text{ mg L}^{-1}$ , respectivamente.

O monitoramento da qualidade da água não tem indicado impactos significativos de efluentes de fazendas de camarão em vários estuários estudados (ANH *et al.*, 2010; WAHAB; BERGHEIM; BRAATEN, 2003; TROTT; ALONGI, 2000; BIAO; ZHUHONG; XIAORONG, 2004; COSTANZO; O'DONOHUE; DENNISON, 2004; CASILLAS-HERNÁNDEZ *et al.*, 2006; THOMAS *et al.*, 2010).

Além disso, várias pesquisas têm demonstrado que efluentes provenientes de viveiros de camarão normalmente contém concentrações elevadas de nutrientes dissolvidos em comparação com a água no ponto de captação (ANH *et al.*, 2010; BIAO; ZHUHONG; XIAORONG, 2004; COSTANZO; O'DONOHUE; DENNISON, 2004; THOMAS *et al.*, 2010).

Os valores de cada parâmetro ambiental permaneceram estáveis durante o período de 2010-2011 o que indica a capacidade do estuário para reciclar nutrientes. Por exemplo, os níveis de NAT medidos nos pontos de captação de água não diferiram significativamente durante os anos 2010 (média de  $0,55 \text{ mg L}^{-1}$ , variando entre  $0,01-1,55 \text{ mg L}^{-1}$ ) e 2011 (média de  $0,57 \text{ mg L}^{-1}$ , variando entre  $0,01-1,31 \text{ mg L}^{-1}$ ).

É reconhecido que os estuários de manguezais têm capacidade de tolerar aportes periódicos de efluentes de viveiros da carcinicultura (TROTT; ALONGI, 2000). Os autores sugerem que o efluente possa ser dissipado pelas marés e assimilados e/ou mineralizados pelo estuário. Infelizmente, alguns estudos correlacionam as fazendas de camarão com a poluição do estuário, apesar do impacto acumulativo de várias fontes antropogênicas que resultam das descargas de resíduos domésticos, agrícolas e industriais nas águas costeiras (PÁEZ-OSUNA *et al.*, 1998).

## 2.5 Conclusão

Este trabalho avaliou aspectos técnicos, econômicos, sociais e ambientais do cultivo de camarão no estuário do Rio Coreaú, Ceará, Brasil. Estes aspectos são importantes para desenvolver esta indústria de forma sustentável. Além disso, a sustentabilidade do cultivo de camarão depende de políticas completas e regulamentação, um ambiente saudável e o avanço tecnológico.

No estuário do Rio Coreaú, esta indústria é dominada por sistemas de cultivo semi-intensivo e intensivo, com uma produção média de 5,9-8,1 toneladas ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Essa produtividade é obtida por meio da utilização de pós-larvas oriundas de larviculturas regionais, fertilizantes, ração suplementar, manejo adequado da água e do solo, além do manejo correto dos animais cultivados.

Neste estuário, a carcinicultura tem promovido na medida do possível o aumento do emprego rural, fortalecendo a economia local, redução da pobreza e segurança alimentar. Devido as falhas no mercado internacional e os altos custos de produção, nos últimos anos a maior parte do camarão de viveiro produzido no Brasil foram vendidos no país.

Finalmente, apesar do grande número de literaturas relatar efeitos negativos da carcinicultura sobre o meio ambiente, os resultados apresentados indicam que nenhuma fazenda de camarão foi construída em áreas de mangue ou tem causado significativa relevante nas águas do estuário. No entanto, é importante dizer que o período de monitoramento ambiental foi relativamente curto e novos estudos deveriam monitorar as variáveis ambientais durante períodos mais longos, com coletas sazonais e rotineiras da água, além de análises de coliformes totais.

### CAPÍTULO 3

#### **Mapeamento, Aspectos Técnicos e Ambientais de Fazendas de Cultivo de Camarão no Estuário do Rio Acaraú, Ceará, Brasil.**

#### **RESUMO**

Apesar da importância econômica da carcinicultura, uma série de problemas técnicos, ambientais e socioeconômicos têm sido amplamente relatado na literatura. Este artigo incide sobre os impactos ambientais e socioeconômicos da carcinicultura semi-intensiva/intensiva no estuário do Rio Acaraú. Este estuário possui o segundo maior número de fazendas no Estado. A indústria possui 31 fazendas participantes com uma área total dedicada ao cultivo de camarão de 1.571,58 ha. Em 2011, a produção total foi de 7.853,92 toneladas de camarão com uma produtividade média de 5,88 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> em uma área de viveiros de 1.335,49 ha. Esta indústria emprega 1.382 pessoas, que representam 17,3% dos empregos gerados nos dois municípios onde está inserido o estuário do Rio Acaraú. Os principais impactos ambientais desta indústria são a poluição da água e perda de manguezais. No entanto, não foi observada nenhuma alteração nos parâmetros de qualidade da água durante o período de 2010-2012, indicando que este estuário tem alguma capacidade de processamento de nutrientes derivados dos viveiros, enquanto que 159,4 ha de florestas de mangue foram ocupadas por viveiros de cultivo de camarão, no mesmo período da instalação das fazendas, este estuário apresentou um incremento de 987,41 ha dessa unidade de paisagem. Os resultados desta investigação demonstram que a indústria da carcinicultura brasileira exige um aprimoramento das práticas de manejo para atingir um crescimento sustentável.

**Palavras-chave:** Manguezal. Impactos. *Penaeus vannamei*.

## **Mapping, Technical and Environmental Aspects of Shrimp Farms in the Acaraú River Estuary, Ceará, Brazil.**

### **ABSTRACT**

Despite the economic importance of shrimp farming, a number of technical, environmental and socio-economic problems have been widely reported in the literature. This article focuses on the environmental and socioeconomic impacts of semi-intensive / intensive shrimp farming in the Acaraú River estuary. This estuary has the second largest number of farms in the State. The industry has 31 participating farms with a total area devoted to shrimp farming of 1,571.58 ha. In 2011, total production was 7,853.92 tonnes of shrimp with an average yield of 5.88 t ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> in a nursery area of 1,335.49 ha. This industry employs 1,382 people, representing 17.3% of the jobs generated in the two municipalities where the Acaraú River estuary is located. The main environmental impacts of this industry are water pollution and loss of mangroves. However, no changes in water quality parameters were observed during the period 2010-2012, indicating that this estuary has some nutrient processing capacity derived from nurseries, while 159.4 ha of mangrove forests were occupied by In the same period of the establishment of the farms, this estuary presented an increase of 987.41 ha of this landscape unit. The results of this research demonstrate that the Brazilian shrimp industry requires an improvement in management practices to achieve sustainable growth.

**Keywords:** Mangrove. Impact. *Penaeus vannamei*

### 3.1 INTRODUÇÃO

Apesar de diversos problemas sanitários, a produção aquícola de espécies de elevado valor comercial, como o camarão, deverá continuar a crescer nesta década (FAO, 2016). Nas Américas, esta indústria tem tido relevância em diversos países tropicais, destacando-se o Equador, México e Brasil como os principais produtores (LIGHTNER, 2011; FAO, 2016).

Apesar de ter expandido sua área de cultivo, a produção brasileira tem se mantido estável nos últimos anos, com níveis variando entre 70.000 e 80.000 toneladas/ano (DOTE-SÁ *et al.*, 2013; ROCHA *et al.*, 2015). O cultivo do camarão branco do Pacífico *Penaeus vannamei* no Nordeste do Brasil tem sido uma importante fonte de renda com altos retornos econômicos, particularmente para as comunidades rurais, em especial para os micro, pequenos e médios produtores (COSTA, 2013; MARQUES; FERREIRA-NETO; FERREIRA, 2016).

No entanto, esta atividade tem enfrentado muitos desafios, relacionadas com aspectos técnicos e ambientais, comprometendo a sustentabilidade do setor (QUEIROZ *et al.*, 2013; MARQUES; FERREIRA-NETO; FERREIRA, 2016). Adicionalmente, o rápido desenvolvimento dessa atividade de uma forma desregulada e sem coordenação tem gerado inúmeras críticas por parte das comunidades tradicionais dependentes de recursos naturais, especialmente, pescadores e agricultores (NEILAND *et al.*, 2001; PAUL; RØSKAFT, 2013).

A conversão de ambientes costeiros sensíveis, incluindo mangues, em viveiros de camarões em diversas localidades, bem como, a poluição de terras agrícolas e águas costeiras por efluentes e o fitoplâncton sedimentado dos viveiros têm sido duas das principais críticas à indústria do camarão cultivado (QUEIROZ *et al.*, 2013; ROCHA, 2013a; FERREIRA; LACERDA, 2016a).

Nos últimos anos, a expansão da carcinicultura tem acontecido, principalmente, no Estado do Ceará atingindo uma área de cultivo de 10.000 hectares e uma produção de 50.000 toneladas para o ano de 2015. O crescimento dessa atividade tem se dado em três zonas principais que abrangem os estuários dos rios Jaguaribe, Acaraú e Coreaú (DOTE-SÁ *et al.*, 2013; ROCHA *et al.*, 2015). Excluindo-se o estuário do Rio Jaguaribe, outros estuários, incluindo o estuário do Rio Acaraú, têm sido pouco estudados (DOTE-SÁ *et al.*, 2013; FERREIRA; LACERDA, 2016b; OLIVEIRA-FILHO *et al.*, 2016; QUEIROZ *et al.*, 2013; ROCHA, 2013b; ROCHA *et al.*, 2015).

A zona de produção que envolve o estuário do Rio Acaraú compreende a 2.<sup>a</sup> área de cultivo de camarão com maior volume de produção no estado do Ceará. Essa zona de produção com uma área aproximada de 428,74 km<sup>2</sup> engloba territórios dos municípios de Acaraú, Cruz e Itarema, sendo a 1.<sup>a</sup> área geográfica no mundo a receber um Denominação de Origem, intitulada Costa Negra, para o cultivo de camarão. Atualmente, não existem estudos que relatem os impactos ambientais das fazendas de camarão neste estuário e as estratégias técnicas para minimizar os impactos ocasionados pelo surto do vírus da síndrome da mancha branca (WSSV). O objetivo do presente estudo foi realizar o georeferenciamento das áreas de fazendas de camarão por meio do uso de imagens de satélite e técnicas de geoprocessamento, bem como analisar aspectos técnicos e ambientais de fazendas de camarão no estuário do Rio Acaraú, Ceará, Brasil.

## 3.2 Material e Métodos

### 3.2.1 Área de Estudo

Este estudo foi desenvolvido em fazendas de cultivo de camarão situadas na bacia hidrográfica do Rio Acaraú, entre os municípios de Acaraú e Itarema. Esta bacia hidrográfica fica localizada na região centro-norte, ocupando cerca de 20% do território do Estado do Ceará. A área de estudo abrange uma área de 3.100 km<sup>2</sup>. O estuário do Rio Acaraú compreende áreas significantes de florestas de mangue com aproximadamente 240 km<sup>2</sup>, sendo caracterizada por ter uma grande importância econômica e ecológica (Figura 3.1).

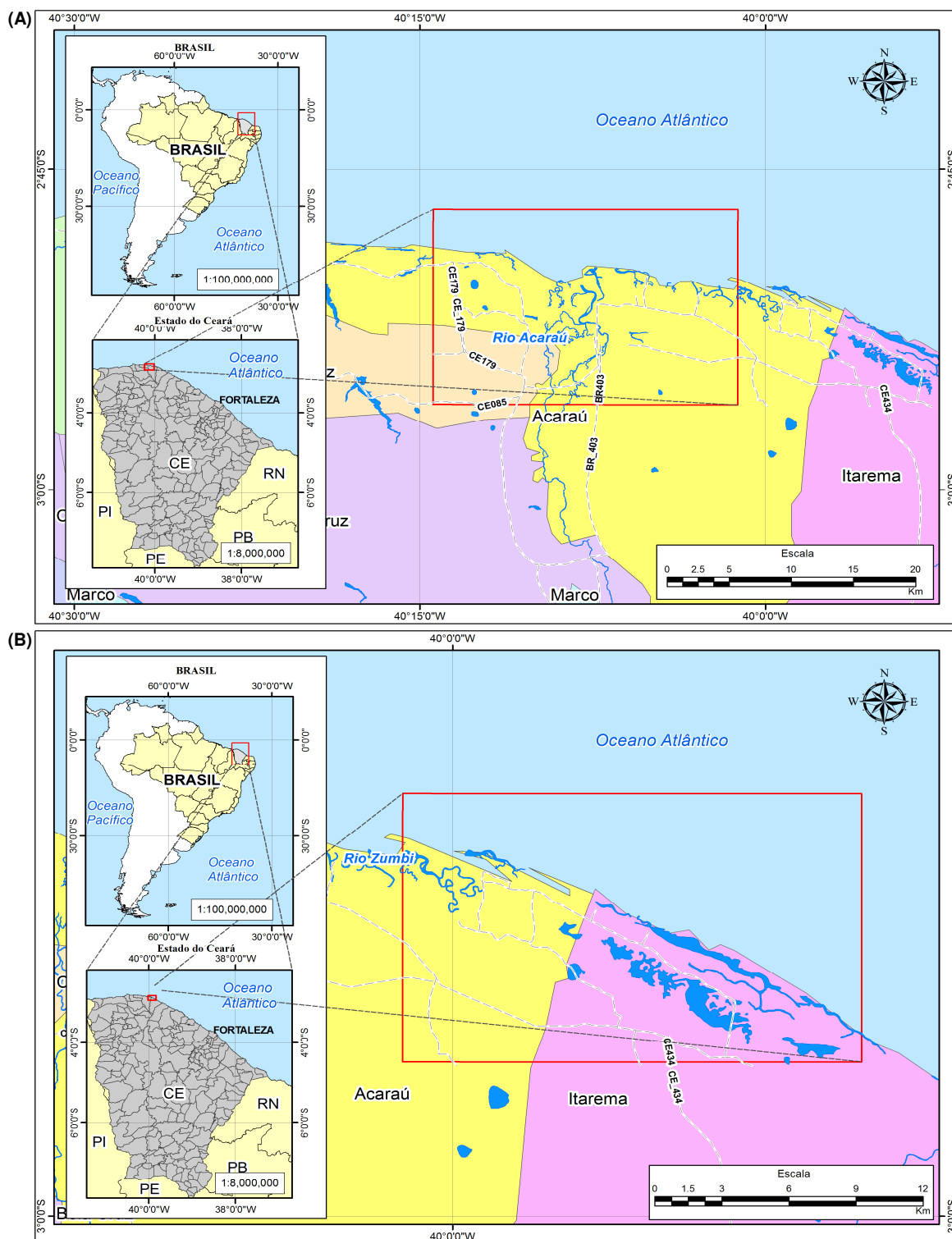
### 3.2.2 Parâmetros Técnicos

Na região de abrangência do estudo, todas as fazendas de cultivo de camarão foram visitadas para a coleta de informações técnicas e operacionais. Esta análise teve como foco a produção de camarão, desde a estocagem de pós-larvas até a fase de despesca (DOTE-SÁ *et al.*, 2013; ROCHA *et al.*, 2015).

A metodologia foi baseada em observações de campo, aplicação de entrevistas e análise de dados secundários (ABREU *et al.*, 2011). O levantamento foi realizado no período 2011-2013, envolvendo entrevistas, utilizando um questionário semiestruturado. Os entrevistados foram proprietários rurais ou gerentes de fazenda, gestores, comerciantes, gerentes de planta de processamento, gerentes de larviculturas e funcionários públicos. A análise de dados foi baseada nas observações de campo, transcrição das entrevistas, fontes externas, incluindo documentos oficiais e literatura científica de acordo com GOLAFSHANI (2003).

Adicionalmente, foram coletados dados sobre os aspectos positivos e negativos da carcinicultura. Os aspectos positivos incluem a criação de empregos formais diretos, empregos sazonais, empregos formais indiretos, incluindo laboratórios e plantas de processamento, entrada de divisas, diversificação da economia, estímulo de setores relacionados as áreas de produção e comércio, entrada de investimentos diretos e transferência tecnológica. Os aspectos negativos incluem problemas técnicos, ambientais, econômicas e sociais.

Figura 3.1 – Área de Estudo: Nordeste do Brasil, com destaque para as áreas de produção de abrangência do estuário do Rio Acaraú, nos municípios de Acaraú (A) e Itarema (B), ambos no Estado do Ceará.



Fonte: BRASIL (2014b), adaptado.



### 3.2.3 Processamento das Imagens de Satélite

A metodologia aplicada para a identificação das fazendas de camarão foi baseado na análise de imagens de satélite com uma resolução de 15 metros por pixel (LANDSAT 8). Foram utilizadas imagens disponíveis na plataforma on-line do Google Earth (GOOGLE, 2014) (*QuickBird*) com uma alta resolução de 2 metros por pixel.

A correção geométrica foi aplicada para remover distorções de erros sistemáticos presentes nas imagens. Em seguida, as imagens foram sobrepostas em camadas, usando fotografias aéreas digitais editada pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil, a fim de caracterizar o tipo de uso e ocupação do solo das atuais fazendas aquícolas. Estas fotografias aéreas foram obtidos na década de 1960, quando não havia a presença fazendas de camarão no Brasil.

Posteriormente, mapas temáticos foram desenvolvidos a partir da aplicação de técnicas de interpretação digital de imagens e de geoprocessamento disponíveis no softwares SPRING 4.2 e ArcGIS 9.0. Utilizando o processamento de imagens e os resultados de classificação, foi possível mapear e pesquisar as áreas ocupadas pelo cultivo de camarão no estuário do Rio Acaraú.

### 3.2.4 Amostragem e Análises de Água

Para a coleta das amostras, 12 expedições de coleta de dados foram realizadas, no período de janeiro de 2010 a dezembro de 2012, tendo sido visitadas 6 fazendas de camarão. Nesse período, um total de 72 amostras de água foram obtidas nas proximidades das estações de bombeamento (captação de água), enquanto 144 amostras nos pontos de descarga de efluentes. As amostras de água foram armazenadas em garrafas de plástico limpas, para análise laboratorial de acordo com APHA (1998).

Os parâmetros incluíram a temperatura, salinidade, pH, oxigênio dissolvido (OD), nitrogênio amoniacal total (NAT), amônia, nitrato, nitrito, fósforo total, clorofila *a*, DBO, turbidez e coliformes. Os dados de qualidade da água foram analisados por meio da análise de variância (ANOVA), seguido pelo teste t de Student, com nível de significância de *alfa* igual a 0,05, utilizando o programa BioEstat versão 5.3. Os valores foram expressos como a média  $\pm$  DP.

### 3.3 Resultados

#### 3.3.1 O Sistema de Cultivo de Camarão

Atualmente, o número de fazendas que realizam o cultivo do camarão branco *Penaeus vannamei* na zona de influência do estuário do Rio Acaraú totaliza 31 empreendimentos (Tabela 3.1). Seguindo orientações de Moles, Bunge (2002) a Tabela 3.1 apresenta a divisão dos empreendimentos em três categorias distintas: pequenos (< 30 ha), num total de 19 empresas correspondendo a 20,1% da área total, médios (entre 30 e 100 ha), num total de 4 e 31,2% da área total, e grandes (> 100 ha), num total de 4 e 48,7% da área total.

Nesse estudo, a área total dedicada para ao cultivo de camarões foi de 1.571,6 ha (Figura 3.2), contudo a área de produção (viveiros) foi de 1.335,5 ha (Tabela 3.1), enquanto os 236,1 ha restantes referem-se a edificações diversas, canais de adução, canais de abastecimento, canais de despesca, diques, acessos, estações de bombeamento, etc. Em relação ao sistema de manejo, os valores foram muito similares com o semi-intensivo tendo uma ocorrência em 51,4% das fazendas, enquanto o intensivo foi verificado em 48,6%. Adicionalmente, foi observado a ocorrência de fazendas com tamanho variando entre 3,9-212,3 ha, resultando em uma média de 46,2 ha.

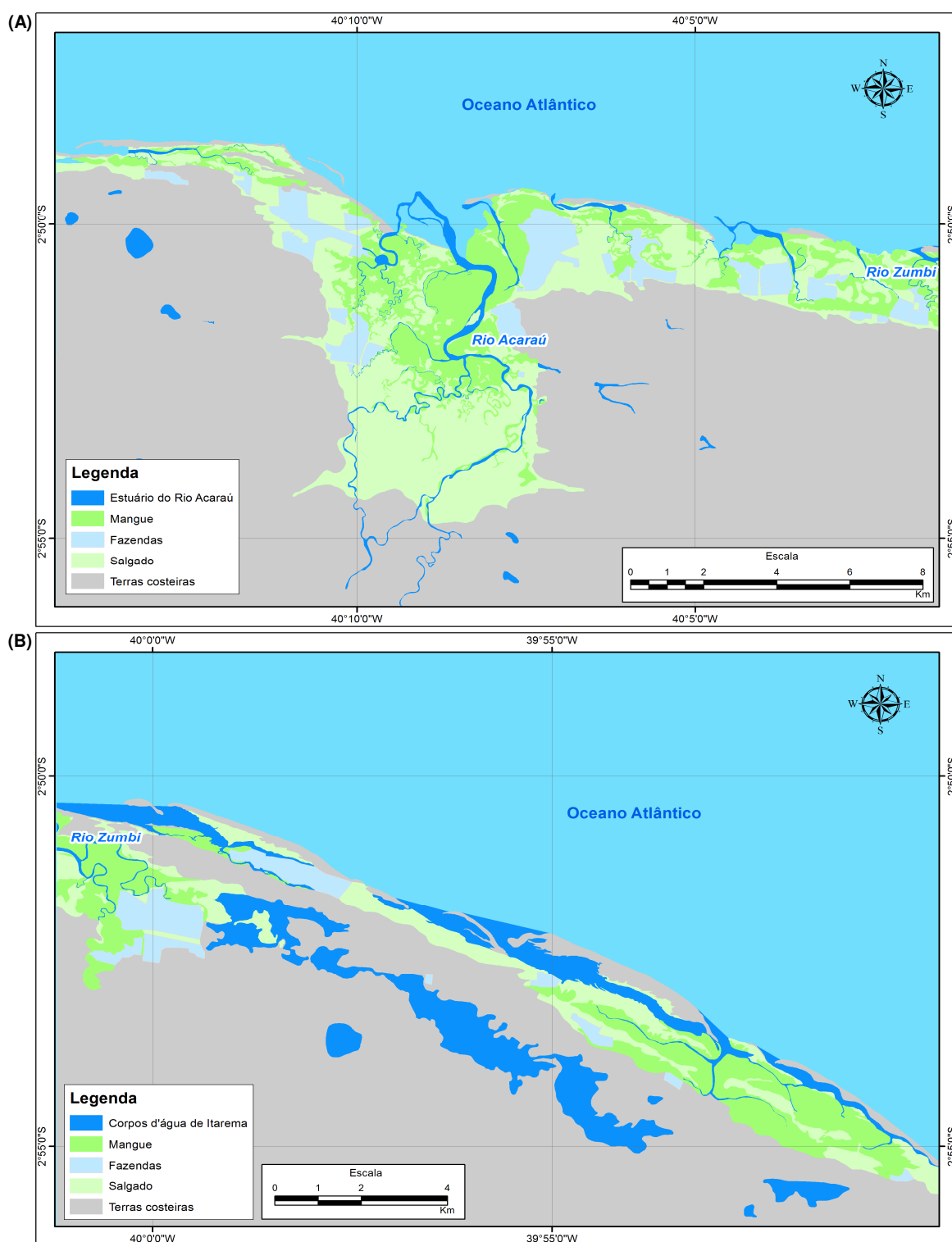
Tabela 3.1 - Características das fazendas de camarão em relação ao tamanho da área de produção (em hectares).

| Sistema de produção | Pequena            |           | Média              |           | Grande             |           | Total              |           |
|---------------------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|
|                     | Número de empresas | Área (ha) | Número de empresas | Área (ha) | Número de empresas | Área (ha) | Número de empresas | Área (ha) |
| Semi-intensivo      | 8                  | 109,4     | 4                  | 199,7     | 2                  | 377,8     | 14                 | 686,9     |
| Intensivo           | 11                 | 159,3     | 4                  | 216,8     | 2                  | 272,5     | 17                 | 648,6     |
| Total               | 19                 | 268,7     | 8                  | 416,5     | 4                  | 650,3     | 31                 | 1.335,5   |

Informações técnicas, operacionais e socioambientais das fazendas de camarão estão resumidas na Quadro III.I. O tamanho dos viveiros também é variável (0,5 e 47,2 ha), sendo predominante entre 1,5-4,7 ha. A densidade média de povoamento para fazendas de camarão em sistemas intensivos é de 50 PL m<sup>-2</sup> e para o semi-intensivo é 20 PL m<sup>-2</sup>. No período 2011-2013, a sobrevivência manteve-se na faixa de 45,4-93,9%.

As fazendas de camarão operam todo o ano com 2,6 a 4,5 ciclos ano<sup>-1</sup>, variando de acordo com o peso do camarão despesado. Em 2011, a produção total foi de 7.853,9 toneladas em uma área de produção de 1.335,5 ha, representando uma produtividade média de

Figura 3.2 - Mapa temático da distribuição na zona costeira do Estuário do Rio Acaraú, nos municípios de Acaraú (A) e Itarema (B). Categorias de cobertura da terra obtidas por digitalização e por meio de classificação supervisionada por Landsat Geocover de 1999 - 2000, CBERS de 2009-2010 e as imagens do Google Earth.



Fonte: Google (2014), adaptado.

Quadro III.I – Características das diferentes práticas na carcinicultura no estuário do Rio Acaraú, Estado do Ceará, Brasil.

| Características   | Sistema de cultivo                  |                          |
|---|-------------------------------------|--------------------------|
|   | Semi-intensivo                      | Intensivo                |
| Tamanho do viveiro (ha)   | 0,5 - 47,2                          | 0,9 - 3,7                |
| Densidade de estocagem (PL m <sup>-2</sup> )                        | 13 - 25                             | 26 - 80                  |
| Taxa de sobrevivência (%)   | 57,2 - 93,9                         | 45,4 - 80,6              |
| Troca de água (%)   | 0 - 5                               | 10 - 25                  |
| Aeração (HP ha <sup>-1</sup> )                                      | 0 - 2                               | 5 - 10                   |
| Produtividade (tonelada ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )        | 4,0                                 | 7,8                      |
| Número de cultivos ano <sup>-1</sup>                                | 3,4 - 4,5                           | 2,6 - 3,2                |
| Produção (ton ano <sup>-1</sup> )                                   | 2.782,0                             | 5.072,0                  |
| Uso de fertilizantes (tonelada ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> ) | Ureia < 0,25; SFT < 0,03            | Ureia < 0,50; SFT < 0,10 |
| Consumo de ração (tonelada ano <sup>-1</sup> )                      | 3.324,4                             | 8.419,5                  |
| Alimentação   | Alimento natural e ração peletizada | Ração peletizada         |
| Teor proteico da ração (%)  | 40 - 30                             | 40 - 35                  |
| FCA   | 0,98 - 1,41                         | 1,25 - 2,07              |
| Uso de químicos   | Não                                 | Não ou pouco             |
| Empregos formais diretos (emprego ha <sup>-1</sup> )                | 0,78                                | 0,82                     |
| Empregos sazonais diretos (emprego ha <sup>-1</sup> )*              |                                     | 0,06                     |
| Empregos indiretos (emprego ha <sup>-1</sup> )*                     |                                     | 0,10                     |
| Problemas com doenças   | Raro (IMNV e IHHNV)                 | Raro (IMNV e IHHNV)      |
| Custos operacionais   | Moderada para alta                  | Moderada para alta       |
| Impacto ambiental   | Relativamente baixo                 | Relativamente baixo      |
| Implicações sociais   | Moderada para alta                  | Moderada para alta       |
| Proliferação econômica  | Comercial                           | Comercial                |
| Sustentabilidade  | Moderada                            | Moderada                 |

\*O número de empregos foi calculado para área total de fazendas de cultivo de camarão (1.571,6 ha).

5,9 toneladas ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Os valores de FCA variaram entre 0,98 e 2,07 para as diferentes situações de cultivo.

Antes de cada ciclo de produção, os viveiros são esvaziados e o fitoplâncton sedimentado é removido (ambos após a despesca e antes de um novo ciclo). Dependendo das condições naturais de cada área, viveiros podem requerer tratamento adicional antes de um novo cultivo (Quadro III.I). No caso de solo com pH ácido, o tratamento com calcário dolomítico e/ou óxido de cálcio e/ou hidróxido de cálcio é feito para neutralizar a acidez do solo do viveiro. Tipicamente, a dosagem desses produtos varia entre 1,0 e 3,0 toneladas ha<sup>-1</sup>, dependendo do pH do solo.

Os viveiros são então arados continuamente, para aerar o solo e facilitar a mineralização do excesso de matéria orgânica. Em seguida, os viveiros são desinfetados com hipoclorito de sódio. Após a vedação das comportas de abastecimento e drenagem, os viveiros são abastecidos parcialmente com água e depois fertilizados, com produtos à base de nitrogênio, fósforo e potássio, viabilizando a floração de microalgas. A qualidade da água antes do povoamento com as pós-larvas de camarão tem que cumprir as diretrizes para o cultivo de camarão branco, e devendo ser mantida em bons níveis durante todo o cultivo.

Nessa região, essa indústria tem gerado uma média de 1,03 emprego por hectare, dos tipos emprego formal direto, emprego sazonal, emprego formal indireto, incluindo os laboratórios e operações pós-despesca (Quadro III.I). As fazendas de camarão são responsáveis pela geração de 371 empregos formais diretos e 100 empregos sazonais relacionados à despesca de camarão. As outras atividades secundárias, incluindo compradores de camarão e de indústrias de processamento, num total 5 estabelecimentos, geraram 778 empregos formais diretos. Esta indústria motivou o funcionamento de um curso de nível médio em escola federal para a formação de técnicos em aquicultura.

Os empregos gerados por indústrias de fertilizantes e de rações, além de outros insumos, não foram considerados, porque eles não estão localizados na região do Estuário do Rio Acaraú. A população local é o principal beneficiário de postos de trabalho criados. No entanto, empregos qualificados são frequentemente oferecidos a profissionais oriundos de outras regiões. Além disso, esta indústria tem contribuído para o fortalecimento e diversificação da economia local, aumentando o número de empregos em outros setores da indústria e do comércio.

Atualmente, os estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Brasília, Minas Gerais, Bahia, Ceará e Pernambuco são apontados como maiores consumidores de camarão do Brasil, com praticamente 100% da produção destinada ao mercado interno. A maior parte dos produtores comercializam camarão para indústrias de processamento ou vendem camarão *in natura* diretamente para os mercados consumidores, enquanto uma parcela reduzida de produtores prefere vender camarão defumado para o Estado do Pará. O camarão processado é enviado, por terra, para abastecer os centros consumidores no Brasil. No entanto, pode existir algumas vendas diretas para outros clientes, como redes de supermercados, lojas, hotéis e restaurantes. Dessa forma, a indústria do camarão não tem se favorecido do mercado externo.

### 3.3.2 Avaliação do Uso e Ocupação do Solo

As poligonais para o Estuário do Rio Acaraú, incluindo salgados, manguezais, fazendas de camarão, coberturas terrestres diversas e Oceano Atlântico foram digitalizadas, formatadas e sobrepostas, usando fotografias aéreas digitais da década de 1960, antes do processo de classificação que resultou em mapas temáticos com as categorias de uso e ocupação do solo (Figuras 3.3, 3.4 e 3.5). O resultado obtido com a digitalização das fazendas de camarão usando imagens do Landsat 8 e Google Earth (*QuickBird*) revelou um total de 31 fazendas de camarão, num total de 1.571,6 ha distribuídos na região de influência do Rio Acaraú.

Na região do Rio Acaraú, verificou-se que uma área de 159,4 ha de área de manguezal foi ocupada por viveiros de cultivo de camarão, no período de 1962-2012. Por outro lado, nesse período verificou-se uma expansão da vegetação de mangue de 2.798,3 para 3.785,7 ha, resultando em uma acréscimo de 987,4 ha (Figuras 3.3, 3.4 e 3.5).

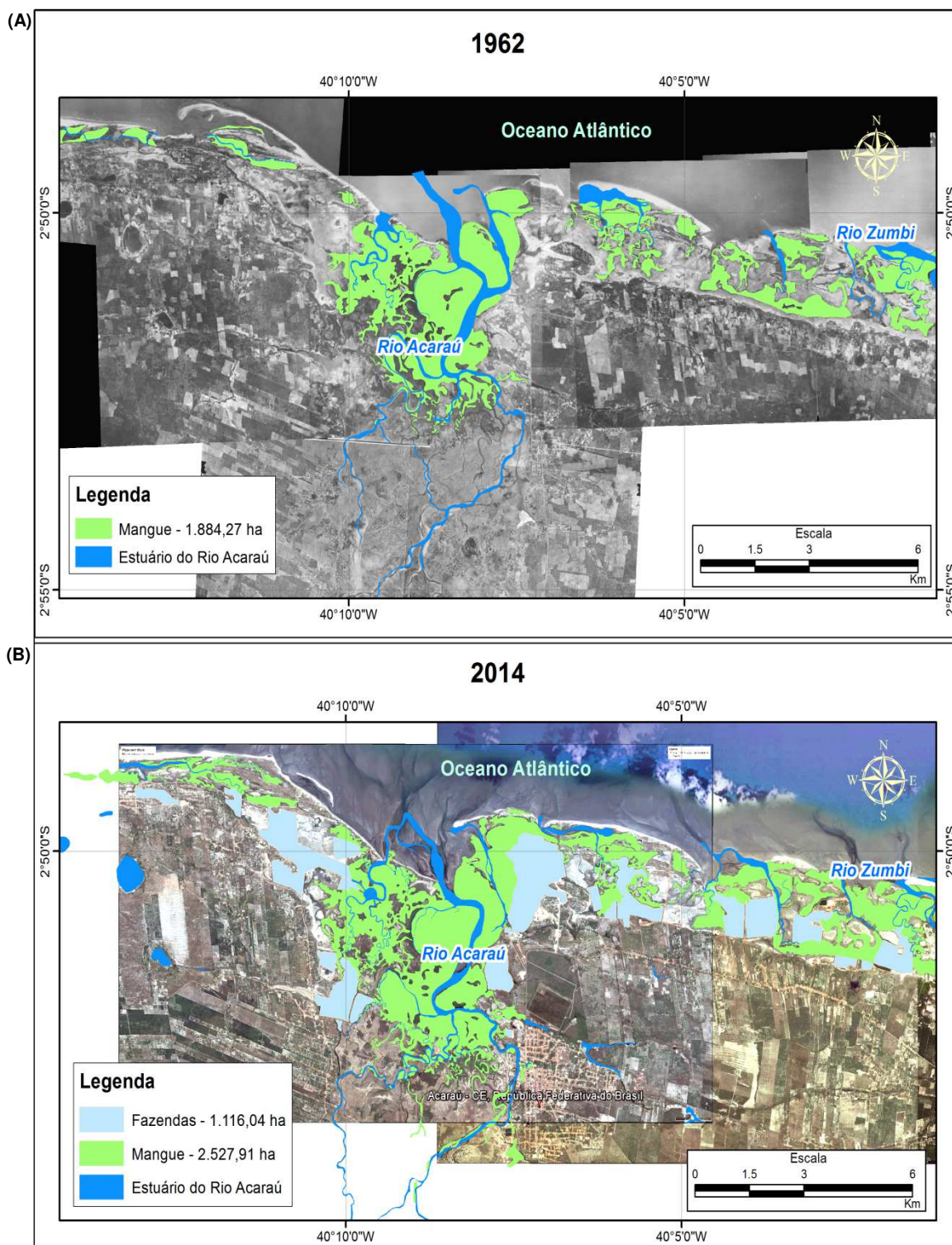
### 3.3.3 Avaliação da Qualidade de Água

Durante o período estudado, a temperatura, a salinidade, o pH, o oxigênio dissolvido e nitrato não variaram para as amostras obtidas nos pontos de captação de água nem tampouco de descarga de efluentes em nenhuma das análises realizadas, ou seja, não se verificou diferenças na comparação anual entre as coletas nos pontos de captação de água e nos pontos de descarga de efluentes nem tampouco quando se comparou as amostras nos pontos de captação de água ou nos pontos de descarga de efluentes no triênio estudado (Tabela 3.2).

No caso de NAT, amônia, nitrito, fosforo total, clorofila *a* e coliformes os valores observados nos pontos de descarga de água foram significativamente maiores que os da estação de bombeamento para os três anos estudados. Contudo, quando se comparou as amostras nos pontos de captação de água ou nos pontos de descarga de efluentes no triênio estudado, não foram observadas diferenças significativas.

No entanto, DBO diferenças significativas entre os pontos de captação e de descarga só foram verificadas nos anos de 2011 e 2012, enquanto no caso da turbidez essas diferenças foram verificadas nos anos de 2010 e 2011. Para esses dois parâmetros, quando os pontos de captação ou descarga foram comparados no período 2010-2012, verificou-se similaridade estatística entre os valores encontrados.

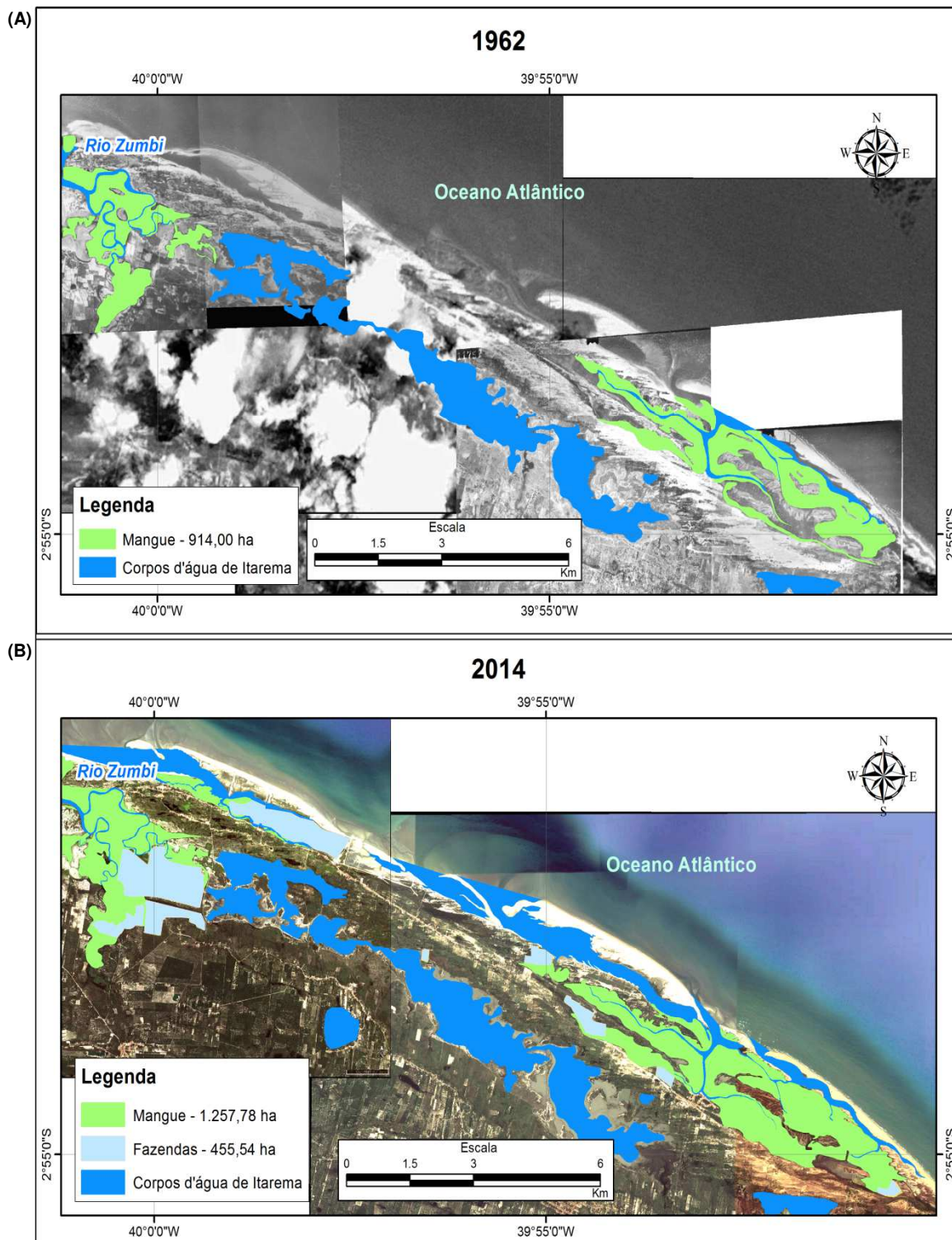
Figura 3.3 - Mapas temáticos e áreas estimativas de distribuição na zona costeira do estuário do Rio Acaraú, no município de Acaraú (A e B). Categorias de cobertura da terra obtidas por digitalização e por meio de classificação supervisionada por fotografias aéreas de 1960, Landsat Geocover 1999-2000, CBERS de 2009-2010, bem como imagens do Google Earth.



Fonte: Brasil (2014a), adaptado.



Figura 3.4 - Mapas temáticos e áreas estimativas de distribuição na zona costeira do estuário do Rio Acaraú, no município de Itarema (A e B). Categorias de cobertura da terra obtidas por digitalização e por meio de classificação supervisionada por fotografias aéreas de 1960, Landsat Geocover 1999-2000, CBERS de 2009-2010, bem como imagens do Google Earth.



Fonte: Brasil (2014a), adaptado.



Figura 3.5 - Mapas temáticos e áreas estimativas de distribuição na zona costeira do estuário do Rio Acaraú, nos municípios de Acaraú (A) e Itarema (B). Categorias de cobertura da terra obtidas por digitalização e por meio de classificação supervisionada por fotografias aéreas de 1960, Landsat Geocover 1999-2000, CBERS de 2009-2010, bem como imagens do Google Earth.

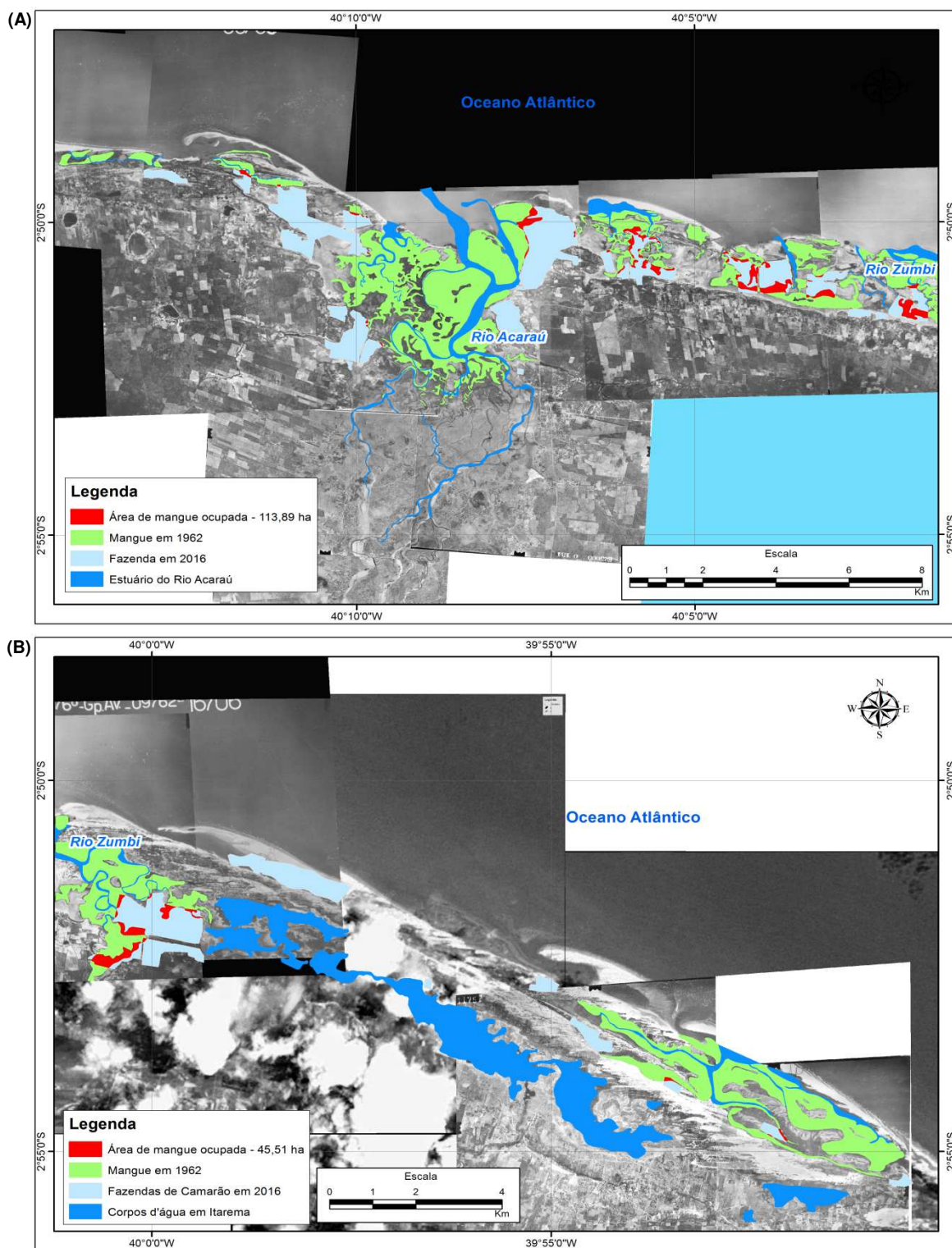


Tabela 3.2 – Características físicas, químicas e biológicas da água nos pontos de captação e de liberação de efluentes em fazendas de camarão no estuário do Rio Acaraú.

| Parâmetros         | Unidade    | 2010                |                       | 2011                 |                       | 2012                 |                         | Padrão <sup>1</sup> |
|--------------------|------------|---------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------|---------------------|
|                    |            | Captação de água    | Efluentes             | Captação de águas    | Efluentes             | Captação de água     | Efluentes               |                     |
| Temperatura        | °C         | 27,9 (23,7 - 29,8)  | 26,7 (23,7 - 30,8)    | 28,6 (27,6 - 30,0)   | 29,8 (27,1 - 32,2)    | 28,7 (28,2 - 31,0)   | 28,6 (25,1 - 31,1)      | n.a.                |
| Salinidade         | ppt        | 24,5 (10,0 - 35,0)  | 27,0 (10,0 - 40,0)    | 32,0 (21,0 - 44,0)   | 49,5 (35,0 - 64,0)    | 35,0 (10,5 - 50,0)   | 38,7 (14,0 - 52,0)      | 0,5 - 30,0          |
| pH                 |            | 7,9 (6,9 - 8,4)     | 8,1 (7,7 - 8,8)       | 7,9 (6,3 - 8,8)      | 7,9 (6,9 - 9,1)       | 7,8 (6,9 - 8,9)      | 7,9 (7,8 - 8,4)         | 6,0 - 9,0           |
| OD                 | mg/L       | 5,3 (3,4 - 6,7)     | 7,6 (5,9 - 9,5)       | 5,7 (5,4 - 6,4)      | 4,8 (2,0 - 8,2)       | 5,8 (3,9 - 6,2)      | 7,7 (5,9 - 9,8)         | > 4,0               |
| NAT                | mg/L       | 0,75 (0,01 - 1,35)  | 1,49 (0,08 - 2,55)*   | 0,30 (0,02 - 2,15)   | 1,55 (0,12 - 2,87)*   | 0,67 (0,09 - 1,77)   | 1,62 (0,48 - 2,07)*     | ≤ 0,40              |
| Amônia             | mg/L       | 0,02 (0,0 - 0,07)   | 0,10 (0,00 - 0,18)*   | 0,01 (0,00 - 0,08)   | 0,09 (0,01 - 0,23)*   | 0,01 (0,00 - 0,06)   | 0,11 (0,01 - 0,22)*     | n.a.                |
| Nitrato            | mg/L       | 0,61 (0,10 - 0,73)  | 0,76 (0,12 - 1,60)    | 0,55 (0,10 - 1,90)   | 0,89 (0,10 - 2,00)    | 0,55 (0,20 - 1,10)   | 0,60 (0,30 - 1,00)      | ≤ 0,40              |
| Nitrito            | mg/L       | 0,02 (0,00 - 0,08)  | 0,11 (0,07 - 0,37)*   | 0,03 (0,00 - 0,30)   | 0,10 (0,00 - 0,18)*   | 0,02 (0,00 - 0,20)   | 0,09 (0,01 - 0,25)*     | ≤ 0,07              |
| Fósforo Total      | mg/L       | 0,08 (0,02 - 0,22)  | 0,14 (0,06 - 0,21)*   | 0,11 (0,02 - 0,22)   | 0,19 (0,05 - 0,38)*   | 0,11 (0,05 - 0,25)   | 0,18 (0,10 - 0,26)*     | ≤ 0,12              |
| Clorofila <i>a</i> | µg/L       | 4,7 (1,0 - 10,0)    | 18,3 (3,0 - 37,0)*    | 3,9 (1,1 - 8,2)      | 12,7 (2,3 - 22,0)*    | 4,0 (1,2 - 8,2)      | 10,5 (4,0 - 12,2)*      | ≤ 30,0              |
| DBO                | mg/L       | 5,1 (1,0 - 13,6)    | 6,7 (2,1 - 12,5)      | 4,6 (2,4 - 7,5)      | 11,9 (5,4 - 21,8)*    | 6,6 (1,0 - 20,5)     | 12,2 (6,1 - 17,5)*      | n.a.                |
| Turbidez           | NTU        | 11,6 (10,0 - 13,0)  | 23,2 (11,0 - 42,0)*   | 9,0 (4,0 - 12,0)     | 11,6 (9,0 - 14,0)     | 10,2 (4,0 - 31,0)    | 18,8 (9,0 - 37,0)*      | n.a.                |
| Coliformes         | UFC/100 mL | 120,0 (0,0 - 300,0) | 200,5 (20,0 - 320,0)* | 112,0 (10,0 - 220,0) | 190,0 (20,0 - 380,0)* | 110,0 (20,0 - 240,0) | 210,0 (20,0 - 1.200,0)* | ≤ 2.500,0           |

n.a. = Não Avaliado; <sup>1</sup> CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) Resolução no. 357 de 17 de março de 2005 (Padrão Brasileiro de qualidade de água dos efluentes industriais descarregados em água salobra). \* Denota diferenças significativas entre os pontos de captação de água e de lançamento de efluente para cada ano estudado.

### 3.4 Discussão

#### 3.4.1 O Sistema de Cultivo de Camarão

No Brasil, existem poucos relatos sobre a caracterização de fazendas de camarão considerando os aspectos técnico, econômico, social e ambiental (DOTE-SÁ *et al.*, 2013; ROCHA *et al.*, 2015; SANTOS *et al.*, 2015). O estuário do Rio Acaraú e sua zona de influência concentra 31 fazendas com uma área de produção de 1.335,5 ha é a 2.<sup>a</sup> maior zona de cultivo de camarão do Estado do Ceará, sendo superado pelo estuário do Rio Jaguaribe com uma área de 2.071,2 ha e maior que o estuário do Rio Coreaú, uma área produtiva de 539,3 ha (Quadro III.II).

Quadro III.II – Características técnicas, sociais e ambientais da carcinicultura nos principais estuários do Estado do Ceará, Brasil.

| Parâmetros   | Estuário                    |                              |                              |                             |             |             |
|--|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------|-------------|
|  | Jaguaribe                   | Jaguaribe                    | Jaguaribe                    | Coreaú                      | Acaraú      | Acaraú      |
| Área total das fazendas (ha)                                 | 1.640                       | 2.468,0                      | 2.411,3                      | 670,1                       | 1.600,0     | 1.571,6     |
| Áreas total dos viveiros (ha)                                |                             |                              | 2.071,2                      | 539,3                       |             | 1.335,5     |
| Tamanho do viveiro (ha)                                      |                             |                              | 1,0 - 32,5                   | 1,3 - 15,7                  | 0,6 - 10,0  | 0,5 - 47,2  |
| Densidade de estocagem (PL m <sup>-2</sup> )                 |                             |                              | 15 - 100                     | 15 - 50                     | 25          | 13 - 80     |
| Taxa de sobrevivência (%)                                    |                             |                              | 51,2 - 85,9                  | 60,2 - 95,9                 |             | 45,4 - 93,9 |
| Aeração (HP ha <sup>-1</sup> )                               |                             |                              | 0 - 6                        | 0 - 12                      |             | 0 - 10      |
| Produtividade (tonelada ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> ) | 5,2                         | 5,4                          | 6,9                          | 7,0                         | 5,2 - 7,1   | 5,9         |
| Número de cultivos ano <sup>-1</sup>                         |                             |                              | 2,5 - 4,7                    | 2,4 - 5,2                   | 2,2 - 4,0   | 2,6 - 4,5   |
| Produção (ton ano <sup>-1</sup> )                            | 5.200,0                     |                              | 13.110,4                     | 3.324,20                    |             | 7.854,00    |
| FCA  |                             |                              | 1,02 - 2,02                  | 0,8 - 1,5                   |             | 0,98 - 2,07 |
| Uso de químicos  |                             |                              | Sim                          | Sim                         | Sim         | Pouco       |
| Empregos (emprego ha <sup>-1</sup> )                         |                             |                              | 1,14                         | 1,05                        | 1,56        | 1,03        |
| Empregos Formais Diretos                                     |                             |                              | 1.186                        | 197                         |             | 371         |
| Empregos Sazonais  |                             |                              | 150                          | 30                          |             | 100         |
| Empregos Atividades Secundárias                              |                             |                              | 1.020                        | 338                         |             | 778         |
| Área de manguezal ocupada                                    |                             | 1.090,8                      | 3,7                          | 0,0                         |             | 159,4       |
| Área de manguezal existente                                  |                             | 1.020,3                      | 1.273,0                      | 3.843,3                     |             | 3.875,7     |
| Referência   | MARINS <i>et al.</i> , 2011 | QUEIROZ <i>et al.</i> , 2013 | DOTE-SÁ <i>et al.</i> , 2013 | ROCHA, <i>et al.</i> , 2015 | SOUZA, 2011 |             |

No geral, os parâmetros técnicos, como por exemplo tamanho dos viveiros, densidade de estocagem, produtividade, etc., e sociais, como empregos formais, são muito semelhantes entre os três principais estuários do Estado do Ceará (Quadro III.II). Os dados técnicos apresentadas no presente trabalho são similares aos encontrados por Souza (2011), havendo discrepância somente no número de empregos formais por hectare, visto que nesse

caso o autor se baseou em comunicação pessoal, tendo encontrado 2.500 empregos, enquanto no presente estudo, foi feito um levantamento em todas as empresas sob os empregos gerados, chegando-se ao valor de 1.249 postos de trabalho.

Nunes *et al.* (2005) apresentou o perfil técnico e operacional de 43 empreendimentos de cultivo de camarão no Estado do Ceará, demonstrando que apesar de existirem distinções operacionais como tamanho da fazenda, aporte de mão-de-obra, insumos e tecnologia, a maioria dos procedimentos de cultivo adotados pelas fazendas de camarão são relativamente padronizados. Contudo apontou a necessidade da adoção de boas práticas de manejo (BPM), tais como: aspectos relacionados à construção da fazenda; avaliação de áreas propícias ao cultivo; uso de rações indicadas para condição de desafio do empreendimento; agentes terapêuticos; manejo de doenças e outras rotinas. Comparando com os dados da nossa pesquisa, foi possível afirmar que entre 2005 e 2012 os parâmetros técnicos não sofreram modificações, fato que pode tornar a atividade vulnerável a ocorrência de surtos de novas de enfermidades.

As práticas comerciais e os mercados consumidores das fazendas de camarão do estuário do Rio Acaraú são similares aos observados nas outras regiões do Estado do Ceará, prevalecendo, principalmente, o comércio de camarão *in natura* com uma parcela menor sendo destinada a industrialização (DOTE-SÁ *et al.*, 2013; ROCHA *et al.*, 2015; SOUZA, 2011).

### **3.4.2 Avaliação do Uso e Ocupação do Solo**

A destruição de manguezais em todo o mundo é motivo de preocupação visto que fornecem serviços relevantes, incluindo matéria-prima, alimento, proteção costeira, controle de erosão, purificação de água, manutenção da pesca e sequestro de carbono), sendo também uma fonte de turismo, educação e pesquisa (BARBIER *et al.*, 2011).

Em vários países asiáticos, a expansão da carcinicultura nas últimas décadas mudou drasticamente a paisagem costeira, em particular, pela conversão de florestas de mangue em viveiros de cultivo de camarão (BOURNAZEL *et al.*, 2015; PAUL; RØSKAFT, 2013). No Brasil, as conversões de mangues para as atividades aquícola, industrial e de desenvolvimento urbano, entre outras, têm causado a supressão de 50.000 ha de mangues (esse valor representa 4% do manguezal do país) somente nas últimas três décadas (FERREIRA; LACERDA, 2016a).

Os Estados do Ceará e Rio Grande do Norte são os principais produtores de camarão do Brasil (GODOY; LACERDA, 2015; NUNES; ROCHA, 2015). Embora somente

3% da área brasileira de mangue esteja nestes dois estados nordestinos, a perda florestal, embora relativamente pequena em termos absolutos, é proporcionalmente mais relevante do que em outras regiões, representando até 10% do mangue, pelo menos duas vezes ou três vezes maior do que a área desmatada do país (MAIA et al., 2006).

No presente estudo, verificou-se uma supressão similar em termos percentuais (10,1%) para o estuário do Rio Acaraú, num total de 159,4 ha de área de mangue em 1.571,6 ha ocupados por fazendas de camarão (Quadro III.II). Entretanto, mesmo com essa supressão, houve uma expansão da área de vegetação de mangue em torno 0,7% ao ano, resultando num incremento de 987,4 ha no período 1962-2012. Essa taxa (10,1%) pode ser considerada alta, quando comparada com outros estuários estudados, como no caso do Rio Coreaú, sem supressão, ou do Rio Jaguaribe, com uma taxa de 0,15% (DOTE-SÁ *et al.*, 2013; ROCHA *et al.*, 2015). Por outro lado, Tenório *et al.* (2015), realizando o mapeamento de fazendas de camarão na região amazônica, verificaram que as fazendas de camarão ocupam uma área aproximada de 0,8 km<sup>2</sup>, sendo que 70,6% está localizado em áreas de mangue.

Cabe destacar que as fazendas de camarão mais antigas do Nordeste do Brasil, usando linhas de crédito da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE que incentivavam a expansão da atividade, procederam, de forma orientada, a supressão de vegetação de mangue para a implantação de viveiros de camarão. Adicionalmente, os primeiros empreendimentos ocuparam antigas salinas que se instalaram nas margens dos estuários, muitas vezes, ocupando, áreas de mangue (comunicação pessoal).

### ***3.4.3 Avaliação da Qualidade de Água***

Sabe-se que o lançamento contínuo de efluentes provenientes de trocas de água ou de operações de despesca pode contribuir para a poluição ambiental (ANH *et al.*, 2010). Para o período estudado, verificou-se para os parâmetros indicadores de poluição ambiental, como NAT, amônia, nitrito, fósforo total, clorofila *a*, turbidez e coliformes, foram maiores nos pontos de lançamento de efluentes que nos pontos de captação de água, indicando uma tendência de eutrofização no estuário do Rio Acaraú. No Brasil, as fazendas têm se adaptado para minimizar esse problema, realizando o tratamento e reutilização de efluentes, por meio da instalação de bacias de sedimentação, e reduzindo as quantidades de fitoplâncton sedimentado durante o cultivo, por meio do uso de probióticos (ABREU *et al.*, 2011; MARQUES; FERREIRA-NETO; FERREIRA, 2016; ROCHA *et al.*, 2015;).

Por outro lado, nenhum dos parâmetros estudados quer nos pontos de captação de água quer nos pontos de lançamento de efluentes sofreu qualquer tipo de incremento no

triênio em questão, demonstrando que o estuário do Rio Acaraú tem, portanto, uma provável capacidade de assimilar ou transformar nutrientes derivados de aportes periódicos de efluentes dos viveiros de camarão. Outro ponto pertinente é o potencial de diluição do volume dos efluentes lançados pelas unidades produtoras frente ao volume de água que circula diariamente nos estuários por influência das marés e do fluxo de água pluviais. A hipótese de assimilação não foi examinada, mas é provável que o processo ocorra por meio da mineralização dos nutrientes, dissipação e diluição por meio das marés, tendo em vista que existem outras fontes de poluição do referido estuário, como por exemplo a inexistência de unidade de tratamento de esgoto de todos os municípios instalados na bacia hidrográfica do Rio Acaraú. A escala temporal reduzida não permite uma afirmação com exatidão, contudo, vários autores tem relatado a capacidade de assimilação de manguezais para efluentes de viveiros de camarão (CHOWDHURY *et al.*, 2011; DOTE-SÁ *et al.*, 2013; ROCHA *et al.*, 2015; TROTT; ALONGI, 2000).

### 3.5 Conclusão

É notório que o cultivo de camarão no Nordeste do Brasil tem se caracterizado como um importante setor da economia rural capaz de gerar receitas e empregos, particularmente, em regiões com altos índices de pobreza. Nesse sentido, os benefícios socioeconômicos desta indústria devem ser fortalecidos, facilitando o reconhecimento por parte da comunidade local, reduzindo críticas e conflitos.

No estuário do Rio Acaraú, a carcinicultura tem adotado os sistemas semi-intensivo e intensivo de produção, com produtividades variando entre 4,0 e 7,8 toneladas ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. De certa forma, pode-se afirmar que essa indústria não tem progredido como observado em outros países da América Latina e da Ásia, não havendo a adoção de planos de biossegurança, boas práticas de manejo (BPM) e o uso de pós-larvas certificadas, tornando a atividade vulnerável a ocorrência de novos surtos de enfermidades.

Do ponto de vista ambiental, aparentemente, não se observou nenhum efeito negativo relacionado com o aporte de efluentes dos viveiros de camarão, mas é relevante que estes empreendimentos continuem a investir em sistemas de tratamento de águas, evitando o lançamento direto de efluentes nos corpos d'água. Por outro lado, por meio de técnicas de mapeamento, verificou-se que 10,1% da área das fazendas de camarão consistia de terrenos de mangue. Apesar dessa supressão, houve um aumento das áreas de mangue de 987,4 ha no período 1962-2013.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os diversos estudos realizados, durante a execução da presente Tese, possibilitaram as seguintes considerações:

- i. No período estudado, considerando os estuários dos rios Jaguaribe, Coreaú e Acaraú, foram levantadas 104 fazendas, com uma área de viveiros de 3.946,0 ha e área total de 4.653,0 ha, sendo que os 707,0 ha dessa diferença são representados por áreas de diques, acessos, bacia de sedimentação, canais de abastecimento e de drenagem, além de estruturas de apoio como canais de adução, estradas de acesso e estações de bombeamento. As três zonas produtoras avaliadas foram responsáveis pela produção de 24.288,6 toneladas ano<sup>-1</sup>, resultando em uma produtividade de 6,2 toneladas ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, para o ano de 2011.
- ii. Em relação ao número de empregos, no ano de 2011, o Estado do Ceará gerou nesses três estuários 1.754 empregos diretos e formais nas fazendas de camarão marinho. No caso dos empregos diretos informais e temporários, foram 280 envolvidos em operações de despesca, preparação de viveiros, etc. No caso dos empregos indiretos formais e temporários, que foram gerados para dar suporte a atividade de carcinicultura, esse número chegou a 2.136. No total, foram 4.170 trabalhadores envolvidos diretamente e indiretamente com atividades em fazendas de camarão marinho no Estado do Ceará, resultando em 1,06 emprego ha<sup>-1</sup>;
- iii. Como ferramenta para delegar sustentabilidade a carcinicultura nestes estuários, é fundamental que os governos federal e estadual, carcinicultores e técnicos entendam a necessidade de implementar os planos de biossegurança, boas práticas de manejo (BPM) e o uso de pós-larvas certificadas, facilitando a erradicação de enfermidades, tal como o vírus da síndrome da mancha branca (WSSV) que acometeu todos os carcinicultores cearenses no ano de 2016;
- iv. Os estudos de processamento de imagens levantaram que 163,1 ha da vegetação de mangue foram ocupados por fazendas de camarão nos três estuários estudados, sendo que o desmatamento ocorrido no estuário do Rio Acaraú representou 97,7% desta ocupação e os outros 2,3% ocorreu no estuário do Rio Jaguaribe, não sendo identificada nenhuma supressão de vegetação de mangue para a implantação de viveiros de cultivo de camarão no estuário do Rio Coreaú. Antepondo-se a esse fato, constatou-se que a vegetação de mangue existente na década de 1960 era da ordem de 6.795,6 ha e que a mesma atingiu

8.902,0 ha na década de 2010, representando assim um acréscimo de 2.106,4 ha, demonstrando um incremento de 6,2% da vegetação de mangue por década. Sendo assim, mesmo com a implantação de quase 4.000 ha de viveiros de camarão a vegetação de mangue imprimiu um incremento de 31,0%, contradizendo informações de alguns pesquisadores que afirmam que a atividade de carcinicultura para o seu desenvolvimento, obrigatoriamente, necessita realizar a supressão de mangue;

- v. Os parâmetros físico-químicos e biológicos da água durante o período de monitoramento foram mantidos dentro do padrão brasileiro de qualidade da água (Resolução CONAMA no. 357 de 17 de Março de 2005) para lançamento de efluentes industriais em água salobra, exceto para NAT, nitrato, nitrito e fósforo total. No entanto, os padrões de qualidade das águas brasileiras para o lançamento de efluentes industriais são mais restritivos do que as normas de BPA (Boas Práticas de Aquicultura da Aliança Global de Aquicultura). Além disso sabemos que existem inúmeras fontes poluidoras que colaboram com o aporte de nutrientes aos estuários estudados, principalmente a inexistência de estações de tratamento de efluentes em todos os municípios instalados nas bacias hidrográficas dos rios do Ceará. Em uma análise geral, torna-se evidente a capacidade dos estuários de manguezais de tolerar aportes periódicos dos efluentes dos viveiros de camarão, processando, de forma eficiente, as entradas intermitentes de nutrientes derivados de viveiros, principalmente pelo potencial de diluição, quando comparado o volume dos efluentes lançados pelas unidades produtoras de camarão e o volume de água que circula diariamente nos estuários por influências diretas das marés e quando do fluxo de água pluviais;
- vi. Do ponto de vista dos benefícios e problemas relacionados à carcinicultura, ficou evidenciado a falta de fundamentação teórica, referente a acusações delegadas à atividade de carcinicultura, tais como: a) destruição da vegetação de mangue, contestado pela comparação entre imagens antigas e recentes; b) os efluentes dos viveiros poluem os ecossistemas manguezais, contestado pelas análises de parâmetros físicos, químicos e biológicos. Cabe ressaltar que aparentemente o ecossistema manguezal possui a capacidade de assimilar os aportes de nutrientes oriundos da carcinicultura;
- vii. Estabelecer que as áreas de terra firme e salgados podem ser consideradas áreas propícias para a implementação sustentável dessa atividade. Por meio de processamento de imagens de satélites atualizadas e os atuais padrões de uso e ocupação das unidades de paisagem pela carcinicultura no Estado do Ceará, é possível recomendar com segurança a



possibilidade de ampliação dessa atividade nos ambientes marinhos, atendendo as exigências da legislação vigente;

- viii. Finalmente, é possível apontar inúmeros motivos para a não recomendação da supressão da vegetação de mangue, tais como; a) essa vegetação está devidamente protegida pela legislação vigente (Áreas de Preservação Permanente-APP); b) elevado custo de supressão dessa vegetação; c) solo inadequado para o desenvolvimento da aquicultura, levando em consideração suas características físicas e químicas; d) elevado custo de correção desses solos para atingir os parâmetros ideais para a aquicultura; e) instabilidade do solo quando da construção e instalação de obras de engenharia (diques, estradas, comportas e estações de bombeamento); f) retirada de uma importante proteção contra danos causados por enchentes; g) dificuldade na realização de manejos e despescas, pois o nível da comporta de pesca deverá ser instalada em um nível abaixo da flutuação médias das marés; h) diminuição do ecossistema manguezal do entrono da fazenda que serve como estabilizador dos parâmetros de qualidade de água e solo. Cabe ressaltar, porém, que uma supressão mínima é necessária para a construção de canais de adução, logicamente, amparada na Resolução CONAMA 369/2006.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, M. C. S.; MATTOS, P.; LIMA, P. E. S.; PADULA, A. D. Shrimp farming in coastal Brazil: Reasons for market failure and sustainability challenges. **Ocean & Coastal Management**, Amsterdam, v. 54, p. 658-667, Sept. 2011.
- AHMED, N.; DEMAINE, H.; MUIR, J. F. Freshwater prawn farming in Bangladesh: history, present status and future prospects. **Aquaculture Research**, New Jersey, v. 39, p. 806-819, Jun. 2008.
- ALAM, S.; POKRANT, B.; YAKUPITIYAGE, A.; PHILLIPS, M. Economic returns of disease affected extensive shrimp farming in southwest Bangladesh. **Aquaculture International**, New York, v. 15, p. 363-370, Oct. 2007.
- ANDRADE, T. P. D.; SRISUVAN, T.; TANG, K. F. J.; LIGTHNER, D. V. Real-time reverse transcription polymerase chain reaction assay using TaqMan probe for detection and quantification of Infectious myonecrosis virus (IMNV). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 264, p. 9-15, Apr. 2007.
- ANH, P. T.; KROEZE, C.; BUSH, S. R.; MOL, A. P. J. Water pollution by intensive brackish shrimp farming in south-east Vietnam: Causes and options for control. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 97, n. 6, p. 872-882, June 2010.
- APHA (American Public Health Association) **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. 20 ed. New York: Ed. APHA, 1998. 1325 p.
- AZAD, A.; JENSEN, K.; LIN, C. Coastal aquaculture development in Bangladesh: unsustainable and sustainable experiences. **Environmental Management**, New York, v. 44, n. 4, p. 800-809, Aug. 2009.
- BAILEY, C. The social consequences of tropical shrimp mariculture development. **Ocean and Shoreline Management**, Amsterdam, v. 11, p. 31-44, Jan. 1998.
- BARBIER, E. B.; HACKER, S. D.; KENNEDY, C.; KOCH, E.; STIER, A. C.; SILLIMAN, B. R. The value of estuarine and coastal ecosystem services. **Ecological Monographs**. New York. v. 81, no. 2, p. 169-193, May 2011.
- BERLANGA-ROBLES, C. A.; RUIZ-LUNA, A.; BOCCO, G.; VEKERDY, Z. Spatial analysis of the impact of shrimp culture on the coastal wetlands on the Northern coast of Sinaloa, Mexico. **Ocean & Coastal Management**, Amsterdam, v. 54, n. 7, p. 535-543, July 2011.
- BIAO, X.; ZHUHONG, D.; XIAORONG, W. Impact of the intensive shrimp farming on the water quality of the adjacent coastal creeks from Eastern China. **Marine Pollution Bulletin**, New Jersey, v. 48, n. 5-6, p. 543-553, Mar. 2004.
- BOURNAZEL, L.; KUMARA, M. P.; JAYATISSA, L. P.; VIERGEVER, K.; MOREL, V.; HUXHAM, M. The impacts of shrimp farming on land-use and carbon storage around Puttalam lagoon, Sri Lanka **Ocean & Coastal Management**, Amsterdam, v.113, p. 18-28, May 2015.

BRASIL. **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura:** Brasil 2008-2009. Brasília; Ministério da Pesca e Aquicultura, 2010, 99 p.

BRASIL. **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura:** Brasil 2010. Brasília: Ministério da Pesca e Aquicultura, 2012. 128 p.

BRASIL. Ministério da Marinha. Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN). **Mosaico** 2013a. CD.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. 2013b. Disponível em:< [http://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_geociencias.htm](http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm)>. Acesso em: 12 Jun. 2013.

BRASIL. Ministério da Marinha. Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN). **Mosaico** 2014a. CD.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. 2014b. Disponível em:< [http://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_geociencias.htm](http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm)>. Acesso em: 04 dez. 2014.

BREMER, S.; HAQUE, M. M.; HAUGEN, A. S.; KAISER, M. Inclusive governance of aquaculture value-chains: Co-producing sustainability standards for Bangladeshi shrimp and prawns. **Ocean & Coastal Management**, Amsterdam, v. 131, p. 13-24, Aug. 2016.

BRIGGS, M. R. P.; FUNGE-SMITH, S. J. A nutrient budget of some intensive marine shrimp ponds in Thailand. **Aquaculture and Fisheries Management**, New Jersey, v. 25, n. 8, p. 789-811, Oct. 1994.

BRIGGS, M.; FUNGE-SMITH, S.; SUBASINGHE, R. P.; PHILLIPS, M. **Introductions and movement of two penaeid shrimp species in Asia and the Pacific**. Rome: FAO Fisheries Technical Paper, 2005. 78 p.

BUSH, S. R.; BELTON, B.; HALL, D.; VANDERGEEST, P.; MURRAY, F. J.; PONTE, S. Certify sustainable aquaculture? **Science**. Washington, v. 341, p. 1067-1068, Sept. 2013.

CARVALHO, E. A.; NUNES, J. A. P. Effects of feeding frequency on feed leaching loss and grow-out patterns of the white shrimp *Litopenaeus vannamei* fed under a diurnal feeding regime in pond enclosures. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 252, p. 494-502, Mar. 2006.

CASÉ, M.; LEÇA, E. E.; LEITÃO, S. N.; SANT'ANNA, E. E.; SCHWAMBORN, R.; MORAES-JÚNIOR, A. T. Plankton community as an indicator of water quality in tropical shrimp culture ponds. **Marine Pollution Bulletin**, New Jersey, v. 56, p. 1343-1352, July 2008.

CASILLAS-HERNÁNDEZ, R.; MAGALLÓN-BARAJAS, F.; PORTILLO-CLARCK, G.; PÁEZ-OSUNA, F. Nutrient mass balances in semi-intensive shrimp ponds from Sonora, Mexico using two feeding strategies: Trays and mechanical dispersal. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 258, n. 1-4, p. 289-298, Aug. 2006.

CHOWDHURY, M. A.; SHIVAKOTI, G. P.; SALEQUZZAMAN, M. A conceptual framework for the sustainability assessment procedures of the shrimp aquaculture industry in coastal Bangladesh. **International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology**, Geneva, v. 5, n. 2/3, p. 162-184, June 2006.

CHOWDHURY, M. A.; KHAIRUN, Y.; SALEQUZZAMAN, M.; RAHMAN, M. M. Effect of combined shrimp and rice farming on water and soil quality in Bangladesh. **Aquacult Int**, Amsterdam, v. 19, p. 1193-1206, Mar. 2011.

CHUENPAGDEE, R.; KOOIMAN, J.; PULLIN, R. Exploring governability in capture fisheries, aquaculture and coastal zones. **The Journal of Transdisciplinary Environmental Studies**, Copenhagen, v. 7, no. 1, p. 1-20, Jan. 2008.

COSTA, F. H. F.; VALENÇA, N. S. M. S.; SILVA, A. R. B. P.; BEZERRA, G. A.; CAVADA, B. S.; RÁDIS-BAPTISTA, G. Cloning and molecular modeling of *Litopenaeus vannamei* (Penaeidae) C-type lectin homologs with mutated mannose binding domain-2. **Genetics and Molecular Research**, New Jersey, v. 10, p. 650-664, Apr. 2011.

COSTA, F.H.F. A importação de camarão argentino irá afetar populações naturais de lagostas no Brasil. **Revista da Associação Brasileira dos Criadores de Camarão – ABCC**, Natal, v. 1, p. 29-30, jan. 2013.

COSTANZO, S. D.; O'DONOHUE, M. J.; DENNISON, W. C. Assessing the influence and distribution of shrimp pond effluent in a tidal mangrove creek in north-east Australia. **Marine Pollution Bulletin**, New Jersey, v. 48, p. 514-525, Mar. 2004.

CSAVAS, I. Important factors in the success of shrimp farming. **World Aquaculture**, Virginia, v. 25, p. 34-56, Mar. 1994.

DEB, A. K. Fake blue revolution: environmental and socio-economic impacts of shrimp culture in the coastal areas of Bangladesh. **Ocean & Coastal Management**, Amsterdam, v. 41, n. 1, p. 63-88, Oct. 1998.

DOTÉ-SÁ, T.; SOUSA, R. R.; ROCHA, I. R. C. B.; LIMA, G. C.; COSTA, F. H. F. Brackish shrimp farming in Northeastern Brazil: the environmental and socio-economic impacts and sustainability. **Natural Resources**, Aracajú, v. 4, n. 8, p. 538-550, Dec. 2013.

ENG, C. T.; PAW, J. N.; GUARIN, F. Y. The environmental impact of aquaculture and the effects of pollution on coastal aquaculture development in Southeast Asia. **Marine Pollution Bulletin**, New Jersey, v. 20, p. 335-343, July 1989.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **The State of World Fisheries and Aquaculture 2012**. Rome: FAO - Fisheries and Aquaculture Department. 2012, 219 p.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **The State of World Fisheries and Aquaculture 2016**. Rome: FAO - Fisheries and Aquaculture Department. 2016, 204 p.

FERREIRA, A. C.; LACERDA, L. D. Degradation and conservation of Brazilian mangroves, status and perspectives. **Ocean & Coastal Management**, Amsterdam, v. 125, p. 38-46. Mar. 2016a

FERREIRA, A. C.; LACERDA, L. D. Reply to “On the impact of the Brazilian Forest Code on mangroves: A comment to Ferreira and Lacerda (2016)” by Ronaldo Ruy Oliveira-Filho *et al.* **Ocean & Coastal Management**, Amsterdam, v. 132, p. 170-171, Nov. 2016b

FLAHERTY, M.; VANDERGEEST, P. “Low-salt” shrimp aquaculture in Thailand: goodbye coastline, hello Khon Kaen. **Environmental Management**, New York, v. 22, p. 817-830, Nov. 1998.

FLAHERTY, M.; SZUSTER, B.; MILLER, P. “Low salinity inland shrimp farming in Thailand,” **AMBIO: A Journal of the Human Environment**, New Jersey v. 29, n. 3, p. 174-179, 2009.

FOSTER, S. J.; VINCENT, A. C. J. Tropical shrimp trawl fisheries: Fishers’ knowledge of and attitudes about a doomed fishery. **Marine Policy**, Amsterdam, v. 34, n. 3, p. 437-446, May 2010.

FREITAS, R. R.; HARTMANN, C.; TAGLIANI, P. R. A.; POERSCH, L. H. Evaluation of space adequateness of shrimp farms in Southern Brazil. **Annals of the Brazilian Academy of Sciences**, Rio de Janeiro, v. 83, n. 3, p. 1069-1076, July, 2011.

FUNGE-SMITH, S. J.; BRIGGS, M. R. P. Nutrient budgets in intensive shrimp ponds: implications for sustainability. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 164, n. 1-4, p. 117-133, May 1998.

GIAP, D. H.; YI, Y.; YAKUPITIYAGE, A. GIS for land evaluation for shrimp farming in Haiphong of Vietnam. **Ocean & Coastal Management**, Amsterdam, v. 48, n. 1, p. 51-63, Mar. 2005.

GODOY, M. D. P.; LACERDA, L. D. Mangroves response to climate change: a review of recent findings on mangrove extension and distribution. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 87, p. 651-667. Feb. 2015.

GOLAFSHANI, N. Understanding reliability and validity in qualitative research. **The Qualitative Report**, Fort Lauderdale, v. 8, n. 4, p. 597-607, Dec. 2003.

GOOGLE. Google Earth. 2013. Disponível em: < <https://www.google.com/earth/>>. Acesso em: 10 Jun. 2013.

GOOGLE. Google Earth. 2014. Disponível em: < <https://www.google.com/earth/>>. Acesso em: 03 dez. 2014.

GOSS, J.; BURCH, D.; RICKSON, R. Agri-food restructuring and Third World transnationals: Thailand, the CP Group and the Global Shrimp Industry. **World Development**, Amsterdam, v. 28, n. 3, p. 513-530, Mar. 2000.

GRAAF, G. J.; XUAN, T. T. Extensive shrimp farming, mangrove clearance and marine fisheries in the southern provinces of Vietnam. **Mangroves and Salt Marshes**, New Jersey, v. 2, p. 159-166, Sept. 1998.

GUNAWARDENA, M.; ROWAN, J. S. Economic valuation of a mangrove ecosystem threatened by shrimp aquaculture in Sri Lanka. **Environmental Management**, New York, v. 36, n. 4, p. 535-550, Oct. 2005.

HATANAKA, M.; BAIN, C.; BUSCH, L. Third-party certification in the global agrifood system. **Food Policy**, Amsterdam, v. 30 no. 3, p. 354-369, Mar. 2005.

HUITRIC, M.; FOLKE, C.; KAUTSKY, N. Development and government policies of the shrimp farming industry in Thailand in relation to mangrove ecosystems. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 40, n. 3, p. 441-455, Mar. 2002.

ISLAM, M. S. From pond to plate: towards a twin-driven commodity chain in Bangladesh shrimp aquaculture. **Food Policy**, Amsterdam, v. 33, p. 209-223, June 2008.

ISLAM, M. S.; BRADEN, J.B. Bio-economic development of floodplains: farming versus fishing in Bangladesh. **Environment and Development Economics**, New York, v. 11, p. 95-126, Feb. 2006.

ISLAM, M. S.; WAHAB, M.A.; TANAKA, M. Seed supply for coastal brackishwater shrimp farming: environmental impacts and sustainability. **Marine Pollution Bulletin**, New Jersey, v. 48, p. 7-11, Jan. 2004.

ITO, S. From rice to prawns: economic transformation and agrarian structure in rural Bangladesh. **Journal Peasant Studies**, London, v. 29, n. 2, p. 47-70, Sept. 2002.

KAISER, D.; UNGER, D.; QIU, G.; ZHOU, H.; GAN, H. Natural and human influences on nutrient transport through a small subtropical Chinese estuary. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 450-451, p. 92-107, Apr. 2013.

KAUTSKY, N.; RÖNNBÄCK, P.; TEDENGREN, M.; TROELL, M. Ecosystem perspectives on management of disease in shrimp pond farming. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 191, p. 145-161, Nov. 2000.

KEITHLY-JR, W. R.; POUDEL, P. The southeast U.S.A. Shrimp industry: Issues related to trade and antidumping duties. **Marine Resource Economics**, New York, v. 23, p. 459-483, Oct. 2008.

LEBEL, L.; MUNGKUNG, R.; GHEEWALA, S. H.; LEBEL, P. Innovation cycles, niches and sustainability in the shrimp aquaculture industry in Thailand. **Environmental Science and Policy**, Amsterdam, v. 13, p. 291-302, June 2010.

LEBEL, L.; TRI, N. H.; SAENGNOREE, A.; PASONG, S.; BUATAMA, U.; THOA, L. K. Industrial transformation and shrimp aquaculture in Thailand and Vietnam: pathways to ecological, social and economic sustainability? **Ambio**, New Jersey, v. 31, p. 311-323, June 2002.

LIGHTNER, D. V. Virus diseases of farmed shrimp in the Western Hemisphere (the Americas): A review. **Journal of Invertebrate Pathology**, Amsterdam, v. 106, p. 110-130, Jan. 2011.

LOPES, P. F. M. Extracted and farmed shrimp fisheries in Brazil: economic, environmental and social consequences of exploitation. **Environment, Development and Sustainability**, Heidelberg, v. 10, p. 639-655, Oct. 2008.

MACINTOSH, D. J.; PHILLIPS, M. Environmental issues in shrimp farming. **Infofish International**, Kuala Lumpur (Malaysia), v. 6, p. 38-42, June, 1992.

MAIA, L. P.; LACERDA, L. D.; MONTEIRO, L. H. U.; SOUZA, G. M. E. **Atlas dos Manguezais do Nordeste**; Avaliação das Áreas de Manguezal dos Estados do Piauí, Ceará,

Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco. Fortaleza: Superintendência Estadual do Meio Ambiente, 2006. v. 1. 125p

MARINS, R. V.; PAULA FILHO, F. J.; ESCHRIQUE, S. A.; LACERDA, L. D. Anthropogenic sources and distribution of phosphorus in sediments from the Jaguaribe River estuary, NE, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 71, n. 3, p. 673-678, Aug. 2011.

MARQUES, A. R.; FERREIRA NETO, J. S.; FERREIRA F. Hierarchical clustering and partitioning to characterize shrimp grow-out farms in northeast Brazil. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 463 p. 38-46, May 2016.

MELTZOFF, S. K.; LIPUMA, E. The social and political economy of coastal zone management: shrimp mariculture in Ecuador. **Coastal Zone Management Journal**, Los Angeles, v. 14, n. 4, p. 349-380, Sept. 1986.

MOLES, P.; BUNGE, J. **Shrimp farming in Brazil: An industry overview**. Rome: FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment and Report prepared under the World Bank, NACA, WWF. Work in Progress for Public Discussion. Published by the Consortium. 2002. 26 p.

MOSS, S. M.; MOSS, D. R.; ARCE, S. M.; LIGHTNER, D. V.; LOTZ, J. M. The role of selective breeding and biosecurity in the prevention of disease in penaeid shrimp aquaculture. **Journal of Invertebrate Pathology**, Amsterdam, v. 110, p. 247-250, June 2012.

MUANGKEOW, B.; IKEJIMA, K.; POWTONGSOOK, S.; Yi, Y. Effects of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone), and Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L., stocking density on growth, nutrient conversion rate and economic return in integrated closed recirculation system. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 269, p. 363-376, Sept. 2007.

NAYLOR, R. L.; GOLDBURG, R. J.; MOONEY, H.; BEVERIDGE, M.; CLAY, J.; FOLKE, C.; KAUTSKY, N.; LUBCHENCO, J.; PRIMAVERA, J.; WILLIAMS, M. Nature's subsidies to shrimp and salmon farming. **Science**, Washington, v. 282, p. 883-884, Oct. 1998.

NAYLOR, R. L.; GOLDBURG, R. J.; PRIMAVERA, J. H.; KAUTSKY, N.; BEVERIDGE, M.C.M.; CLAY, J.; FOLKE, C.; LUBCHENCO, J.; MOONEY, H.; TROELL, M. Effect of aquaculture on world fish supplies. **Nature**, London, v. 405, p. 1017-1024, June 2000.

NEILAND, A. E.; SOLEY, N.; VARLEY, J. B.; WHITMARSH, D. J. Shrimp aquaculture: economic perspectives for policy development. **Marine Policy**, Amsterdam, v. 25, n. 4, p. 265-279, July, 2001.

NGUYEN, H. H.; MCALPINE, C.; PULLAR, D.; JOHANSEN, K.; DUKE, N. C. The relationship of spatio-temporal changes in fringe mangrove extent and adjacent land-use: Case study of Kien Giang coast, Vietnam. **Ocean & Coastal Management**, Amsterdam, v. 76, p. 12-22, May 2013.

NUNES, A. J. P.; ROCHA, I. P. Overview and latest developments in shrimp and tilapia aquaculture in Northeast Brazil. **World Aquaculture**, Virginia, v. 6, p. 10-17, June 2015.

NUNES, A. J. P.; Princípios para boas Práticas de Manejo (BPM) na Engorda de Camarão Marinho no Estado do Ceará

NUNES, A. J. P., GESTEIRA, T. C. V., OLIVEIRA, G. G., LIMA, R. C., MIRANDA, P. T. C.; MADRID, R. M. 2005. **Princípios para Boas Práticas de Manejo na Engorda de Camarão Marinho no Estado do Ceará.** Instituto de Ciências do Mar (Labomar/UFC). Programa de Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) do Estado do Ceará, Fortaleza, Ceará. 109 p.

OLIVEIRA-FILHO, R. R. de; ROVAI, A. S.; MENGHINI, R. P.; COELHO JÚNIOR, C.; NOVELLI, Y. S.; CINTRÓN, G. On the impact of the Brazilian Forest Code on mangroves: A comment to Ferreira and Lacerda (2016). **Ocean & Coastal Management**, Amsterdam, v. 132, p. 36-37, Aug. 2016.

PÁEZ-OSUNA, F.; RUIZ-FERNÁNDEZ, A. C. Environmental load of nitrogen and phosphorus from extensive, semi-intensive, and intensive shrimp farms in the Gulf of California ecoregion. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, Heidelberg, v. 74, p. 681-688, Apr. 2005.

PÁEZ-OSUNA, F.; GRACIA, A.; FLORES-VERDUGO, F.; LYLE-FRITCH, L. P.; ALONSO-RODRAGUEZ, R.; ROQUE, A.; RUIZ-FERNANDEZ, A. C. Shrimp aquaculture development and the environment in the Gulf of California ecoregion. **Marine Pollution Bulletin**, New Jersey, v. 46, p. 806-815, Aug. 2003.

PÁEZ-OSUNA, F. The environmental impact of shrimp aquaculture: causes, effects, and mitigating alternatives. **Environmental Management**, New York, v. 28, p. 131-140, July 2001.

PÁEZ-OSUNA, F.; GUERRERO-GALVÁN, S. R.; RUIZ-FERNÁNDEZ, A. C. The environmental impact of shrimp aquaculture and the coastal pollution in Mexico. **Marine Pollution Bulletin**, New Jersey, v. 36, p. 65-75, Jan. 1998.

PAUL, A. K.; RØSKAFT, E. Environmental degradation and loss of traditional agriculture as two causes of conflicts in shrimp farming in the southwestern coastal Bangladesh: Present status and probable solutions. **Ocean & Coastal Management**, Amsterdam, v. 85, p. 19-28, Oct. 2013.

PAUL, B. G.; VOGL, C. R. Impacts of shrimp farming in Bangladesh: Challenges and alternatives. **Ocean & Coastal Management**, Amsterdam, v. 54, n. 3, p. 201-211, Mar. 2011.

POLIDORO, B. A.; CARPENTER, K. E.; COLLINS, L.; DUKE, N. C.; ELLISON, A. M.; ELLISON, J. C.; FARNSWORTH, E. J.; FERNANDO, E. S.; KATHIRESAN, K.; KOEDAM, N. E.; LIVINGSTONE, S. R.; MIYAGI, T.; MOORE, G. E.; NGOC NAM, V.; ONG, J. E.; PRIMAVERA, J. H.; SALMO, S. G.; SANCIANGCO, J. C.; SUKARDJO, S.; WANG, Y.; YONG, J. W. H. The loss of species: mangrove extinction risk and geographic areas of global concern. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 5, p.1-10, Apr. 2010

PONCE-PALAFIX, J. T.; RUIZ-LUNA, A.; CASTILLO-VARGASMACHUCA, S.; GARCÍA-ULLOA, M.; ARREDONDO-FIGUEROA, J. L. Technical, economics and environmental analysis of semi-intensive shrimp (*Litopenaeus vannamei*) farming in Sonora, Sinaloa and Nayarit states, at the east coast of the Gulf of California, México. **Ocean & Coastal Management**, Amsterdam, v. 54, p. 507-513, July 2011.



- POULOS, B. T.; TANG, K. F. J.; PANTOJA, C. R.; BONAMI, J. R.; LIGTHNER, D. V. Purification and characterization of infectious myonecrosis virus of penaeid shrimp. **Journal of General Virology**, London, v. 87, p. 987-996, Nov. 2006.
- PRIMAVERA, J. H. Overcoming the impacts of aquaculture on the coastal zone. **Ocean & Coastal Management**, Amsterdam, v. 49, p. 531-545, Sept. 2006.
- PRIMAVERA, J. H. Socio-economic impacts of shrimp culture. **Aquaculture Research**, New Jersey, v. 28, p. 815-827, Oct. 1997.
- PRIMAVERA, J. H. Intensive prawn farming in the Philippines: ecological, social and economic implications. **Ambio**, New Jersey, v. 20, p. 28-33, Jan. 1991.
- QUEIROZ, L. S. 2007. 113 f. **Na vida do Cumbe há tanto mangue: as influências dos impactos sócio-ambientais da carcinicultura no modo de vida de uma comunidade costeira**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.
- QUEIROZ, L.; ROSSI, S.; MEIRELES, J.; COELHO, C. Shrimp aquaculture in the federal state of Ceará, 1970-2012: Trends after mangrove forest privatization in Brazil. **Ocean & Coastal Management**, Amsterdam, v. 73, p. 54-62, Mar. 2013.
- RAJITHA, K.; MUKHERJEE, C.K.; VINU-CHANDRAN, R. Applications of remote sensing and GIS for sustainable management of shrimp culture in India. **Aquacultural Engineering**, Amsterdam, v. 36, p. 1-17, Jan. 2007.
- ROCHA, I. P. Current status and trends in Brazilian shrimp farming. **Infofish International**, Ohio, v. 5, p. 24-28, Sept. 2011.
- ROCHA, I. P. Riscos de importação de camarões para os crustáceos cultivados e nativos do Brasil. **Revista da Associação Brasileira dos Criadores de Camarão – ABCC**, Natal, v. 1, p. 18-23, fev 2013a.
- ROCHA, I. P.; BORBA, M. G.; MOURA, M. J. N. O censo da carcinicultura em 2011. **Revista da Associação Brasileira dos Criadores de Camarão – ABCC**, Natal, v. 1, p. 24-28, fev 2013b.
- ROCHA, I. R. C. B.; DOTE-SÁ, T.; DE SOUSA, R. R.; LIMA, G. C.; OLIVEIRA-CESAR, J. R.; COSTA, F. H. F. Technical and Environmental Analysis of Shrimp Farming in the Coreaú River Estuary, Ceará State, Brazil. **Journal of Aquaculture Research & Development**, Los Angeles, v. 6, p. 1-7, June 2015.
- SALAM, M. A.; ROSS, L. G.; BEVERIDGE, M. C. M. A comparison of development opportunities for crab and shrimp aquaculture in southwestern Bangladesh, using GIS modeling. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 220, n. 1-4, p. 477-494, Apr. 2003.
- SANTOS, A. A. O.; AUBIN, J.; CORSON, M. S.; VALENTI, W. C.; CAMARGO, A. F. M. Comparing environmental impacts of native and introduced freshwater prawn farming in Brazil and the influence of better effluent management using LCA. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 444, p. 151-159, Mar. 2015.

SOARES, A. M. L.; CARVALHO, M. S. B. S.; BARRETO, R. N. C.; SOARES, Z. M. L. Análise temporal do crescimento da carcinicultura marinha no estuário do rio Jaguaribe-Ceará, In: Epiphany, J.C.N., Galvão, L.S. and L.M.G. Fonseca (Eds.) - XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR, INPE, Florianópolis, **Anais...**, p. 4267-4274, 2007.

SOUZA, Nidyane Costa de. 2011. 134 f. **Mensuração do desempenho da cadeia de suprimentos da carcinicultura marinha no Estado do Ceará: o caso do camarão com indicação geográfica por denominação de origem Costa Negra**. Dissertação (Mestrado em Logística e Sustentabilidade) - Programa de Pós-Graduação em Logística e Pesquisa Operacional, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

SOUSA, O. V.; MACRAE, A.; MENEZES, F. G. R.; GOMES, N. C. M.; VIEIRA, R. H. S. F.; MENDONÇA-HAGLER, L. C. S. The impact of shrimp farming effluent on bacterial communities in mangrove waters, Ceará, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, New Jersey, v. 52, p. 1725-1734, Dec. 2006.

STEAD, S. M. A comparative analysis of two forms of stakeholder participation in European aquaculture governance: self-regulation and integrated coastal zone management. In: Grey, T. S. (Ed.), **Participation in Fisheries Governance**. 1. ed. Dordrecht: Springer, 2005. p. 179-192.

TEIXEIRA-LOPES, M. A.; CRUZ, J. E. F.; VIEIRA, P. R. N.; ROCHA, I. R. C. B.; COSTA, F. H. F.; RÁDIS-BAPTISTA, G. Differential diagnosis of active hypodermal and hematopoietic necrosis virus based on gene choice and reverse transcription coupled with PCR. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 9, p. 2025-2031, Oct. 2010.

TEIXEIRA-LOPES, M. A.; VIEIRA-GIRÃO, P. R. N.; FREIRE, J. E. C.; ROCHA, I. R. C. B.; COSTA, F. H. F.; RÁDIS-BAPTISTA, G. Natural co-infection with infectious hypodermal and hematopoietic necrosis virus (IHHNV) and infectious myonecrosis virus (IMNV) in *Litopenaeus vannamei* in Brazil. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 312, p. 212-216, Feb. 2011.

TENÓRIO, G. S.; SOUZA-FILHO, P. W. M.; RAMOS, E. M. L. S.; ALVES, P. J. O. Mangrove shrimp farm mapping and productivity on the Brazilian Amazon coast: Environmental and economic reasons for coastal conservation. **Ocean & Coastal Management**, Amsterdam, v. 104, p. 65-77, Jan. 2015.

THOMAS, Y.; COURTIES, C.; HELWE, Y. E.; HERBLAND, A.; LEMONNIER, H. Spatial and temporal extension of eutrophication associated with shrimp farm wastewater discharges in the New Caledonia lagoon. **Marine Pollution Bulletin**, New Jersey, v. 61, n. 7-12, p. 387-398, July 2010.

TROTT, L. A.; ALONGI, D. M. The impact of shrimp pond effluent on water quality and phytoplankton biomass in a tropical mangrove estuary. **Marine Pollution Bulletin**, New Jersey, v. 40, n. 11, p. 947-951, Nov. 2000.

VANDERGEEST, P. Certification and communities: alternatives for regulating the environmental and social impacts of shrimp farming. **World Development**, Amsterdam, v. 35, p. 1152-1171, July 2007

VEUTHEY, S.; GERBER, J. F. Accumulation by dispossession in coastal Ecuador: Shrimp farming, local resistance and the gender structure of mobilizations. **Global Environmental Change**, Amsterdam, v. 22, p. 611-622, Aug. 2011.

WAHAB, M. A.; BERGHEIM, A.; BRAATEN, B. Water quality and partial mass budget in extensive shrimp ponds in Bangladesh. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 218, n. 1-4, p. 413-423, Mar. 2003.

YAMPRAYOON, J.; SUKHUMPARNICH, K. Thai Aquaculture: Achieving quality and safety through management and sustainability. **Journal of World Aquaculture Society**, Virginia, v. 41, n. 2, p. 274-280, Mar. 2010.

ZIEMANN, D. A.; WALSH, W. A.; SAPHORE, E. G.; FULTON-BENNET, K. A survey of water quality characteristics of effluent from Hawaiian aquaculture facilities. **Journal of World Aquaculture Society**, Virginia, v. 23, n. 3, p. 180-191, Sept. 1992.

# Brackish Shrimp Farming in Northeastern Brazil: The Environmental and Socio-Economic Impacts and Sustainability

Tadeu Dote Sá<sup>1</sup>, Rommel Rocha de Sousa<sup>2</sup>, Ítalo Régis Castelo Branco Rocha<sup>2</sup>,  
Gutemberg Costa de Lima<sup>2</sup>, Francisco Hiran Farias Costa<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Geoconsult—Geology and Environment Consulting, Fortaleza, Brazil; <sup>2</sup>Department of Fishing Engineering, Campus do Pici, Federal University of Ceará, Fortaleza, Brazil.

Email: \*hiran1968@hotmail.com

Received October 6<sup>th</sup>, 2013; revised November 7<sup>th</sup>, 2013; accepted November 21<sup>st</sup>, 2013

Copyright © 2013 Tadeu Dote Sá *et al.* This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. In accordance of the Creative Commons Attribution License all Copyrights © 2013 are reserved for SCIRP and the owner of the intellectual property Tadeu Dote Sá *et al.* All Copyright © 2013 are guarded by law and by SCIRP as a guardian.

## ABSTRACT

Despite the economic importance of farmed shrimp, a number of technical, environmental, economic and social problems have been widely reported in the international literature. This paper focuses on the environmental and socio-economic impacts of semi-intensive and intensive shrimp farming in the coastal region of Northeastern Brazil and the identification of options for sustainable production. In this Region, the total area dedicated to shrimp farming is approximately 18,500 ha, of which 5750 ha are located in Ceará State. The estuary of Jaguaribe river has the largest number of shrimp farms in the state of Ceará. Currently, the industry has 64 participating farms with a total area dedicated to shrimp farming of 2411.3 ha. In 2011, the total production was 13,110 tons of shrimp with an average yield of 6.3 ton ha<sup>-1</sup>·year<sup>-1</sup> in a pond area of 2071.2 ha. This industry employs 2350 people that represent 23.2% of jobs generated in the two municipalities where the Jaguaribe river estuary is inserted. Compared with other countries, Brazil has reduced its exports due to high cost inputs for shrimp farming. However, the Brazilian shrimp industry has benefited from high domestic prices, despite the decreases in international price of shrimp. In 2011, the prices for size category ranged between US\$ 4.67 - 6.04 for 80/100 (count of head-on shrimp), US\$ 4.95 - 6.60 for 70/80 and US\$ 5.85 - 8.10 for 50/60. The major environmental impacts in this industry have focused on the water pollution and loss of mangroves. However, no change in parameters of water quality was observed during the period 2010-2012, indicating that this estuary has some capacity to process pond-derived nutrients while only 3.7 ha of mangrove forests were used to shrimp pond. The results of this investigation demonstrate that Brazilian shrimp industry requires improved management and development policy for a sustainable growth.

**Keywords:** Shrimp Farm; Mangroves; Impacts; Environmental; *Penaeus vannamei*

## 1. Introduction

In 2010, the total production of white shrimp *Penaeus vannamei* from world aquaculture was 2.7 million tons with a first sale value of US\$ 11 billion [1]. The rapid development of shrimp farming in many countries is a phenomenon of the last three decades as a result of industrial transformation and intensification of production patterns [2,3]. Shrimp farming has been a significant agro-based economic activity [4]. This multimillion dollar industry

plays an important role in the economic development of many tropical and sub-tropical countries because of the high economic returns [5,6]. However, there is evidence that sustainable production is limited partly by the carrying capacity of the coastal ecosystems supporting aquaculture [7]. Additionally, the rapid growth of this Industry in an unregulated and uncoordinated way has led to a number of environmental, technical, economic and social problems, which have been widely reported in international literature [2,8-10].

The conversion of sensitive coastal land, including

\*Corresponding author.

mangroves, into shrimp ponds in many locations and periods, has been principal criticism to shrimp farming Industry [2,11-14]. In areas of intense shrimp farming, discharge waters from one farm mixed with supply waters used by neighboring farms, have resulted in pollution between farms and the spread of disease between shrimp populations [15-19]. However, different shrimp culture technologies have different environmental impacts. Extensive systems requiring large land areas have contributed most to mangrove clearance, while intensive systems have contributed more to pollution problems, through high stocking densities and feed and chemical inputs [2].

Brazil is the third largest producers of farmed white shrimp in Latin America. The Brazilian production was estimated at 70,000 tons with an estimated value greater than US\$ 280 million in 2010 [1]. In Brazil, semi-intensive and intensive shrimp farming began during the 1980s with introduction and culture of white shrimp *P. vannamei*. The northeast region of Brazil is responsible for around 97% of the national shrimp production [20]. The fast development of shrimp farms in this region has given rise to concerns about specific environmental legislation for the activity, environmental pollution and conflict with rural population. In the early 2000s, Brazilian shrimp aquaculture was responsible for the employment of 50,000 people [21], reducing the pressure against the development of the activity. However, the industry has been suffered a severe collapse due to disease outbreaks in 2003 [22,23]. This fact has caused a drastic reduction in the number of jobs, which has strengthened the movements against the shrimp industry.

In Brazil, the total area dedicated to shrimp farming approximates 18,500 ha of which 5750 ha are located in Ceará State [21]. The estuary of Jaguaribe river has the largest number of shrimp farms in the state of Ceará. In this estuary, the shrimp pond area increased from 820 ha in 2000 to 1640 ha in 2006 [24]. However, information about the positive or negative impacts of shrimp farms in this region is unknown. This article documents the dimensioning of the production area of shrimp farms using satellite images and geoprocessing techniques, and analysis of shrimp production, technical, economic, social and environmental aspects of shrimp farms in the estuary of Jaguaribe river.

## 2. Material and Methods

### 2.1. Site Location

The study area consisted of marine shrimp culture farms located in the hydrographic basin of Jaguaribe river. The Jaguaribe river is part of the Atlantic hydrographic region of Brazilian northeast, located in the East region of the Ceará State and represents the principal hydric reserve of the State with the enclosed area for its hydro-

graphic basin comprehends approximately 80,000 km<sup>2</sup>. The Jaguaribe river estuary comprises an area of approximately 200 km<sup>2</sup> and is characterized by having a great economic and ecological importance (**Figure 1**).

### 2.2. Shrimp Farm Operations

Shrimp aquaculture production consists mainly of white shrimp *Penaeus vannamei* and it takes place almost exclusively in earthen ponds. This analysis focuses on shrimp production in ponds with particular attention to the cultivation and harvesting phases in the production cycle. The cultivation phase includes post larvae (PL) stocking, feeding and pond water exchange. The harvest phase includes harvesting and pond emptying and treatment. A number of farming processes in these phases have potentially significant impact on the environment. The processes of pond treatment, inlet water treatment, feeding, water exchange, and final water discharge and sediment dredging were observed and described.

The methodology was based on field observations, interviews, and analysis of secondary data [25]. A survey carried in the period 2010-2012 involved visits to all shrimp farms. Interviews were conducted using a semi-structured questionnaire. Interviewees included farm owners or managers, traders, processing firms and hatchery managers and government officials. Data analysis was based on field observations, interview transcriptions, and external sources including official documents, external sources and academic literature on the subject [26].

### 2.3. Benefits and Problems of Shrimp Aquaculture

All shrimp farms were visited to collect information about the macro-economic benefits and problems of shrimp aquaculture. The macro-economic benefits include the creation of direct formal jobs, seasonal jobs, indirect formal jobs including hatcheries and post-harvest, earning of foreign exchange, diversification of the economy, stimulation of backward and forward-linked sectors, inflow of direct investment and technological transfer. The negative aspects of shrimp aquaculture include technical, environmental, economic and social problems.

### 2.4. Processing of Satellite Images

This study started with the identification and location of shrimp farms using available satellite images with a resolution of 15 meters per pixel (Landsat Geocover of 1999-2000, CBERS of 2009-2010 and Google Earth). Due to the lack of images representing the region of shrimp farms were located, the images available in Google Earth with high-resolution were used. Afterwards, the images were overlapped in layers using digital aerial photographs edited by the Directorate of Hydrography and Navigation

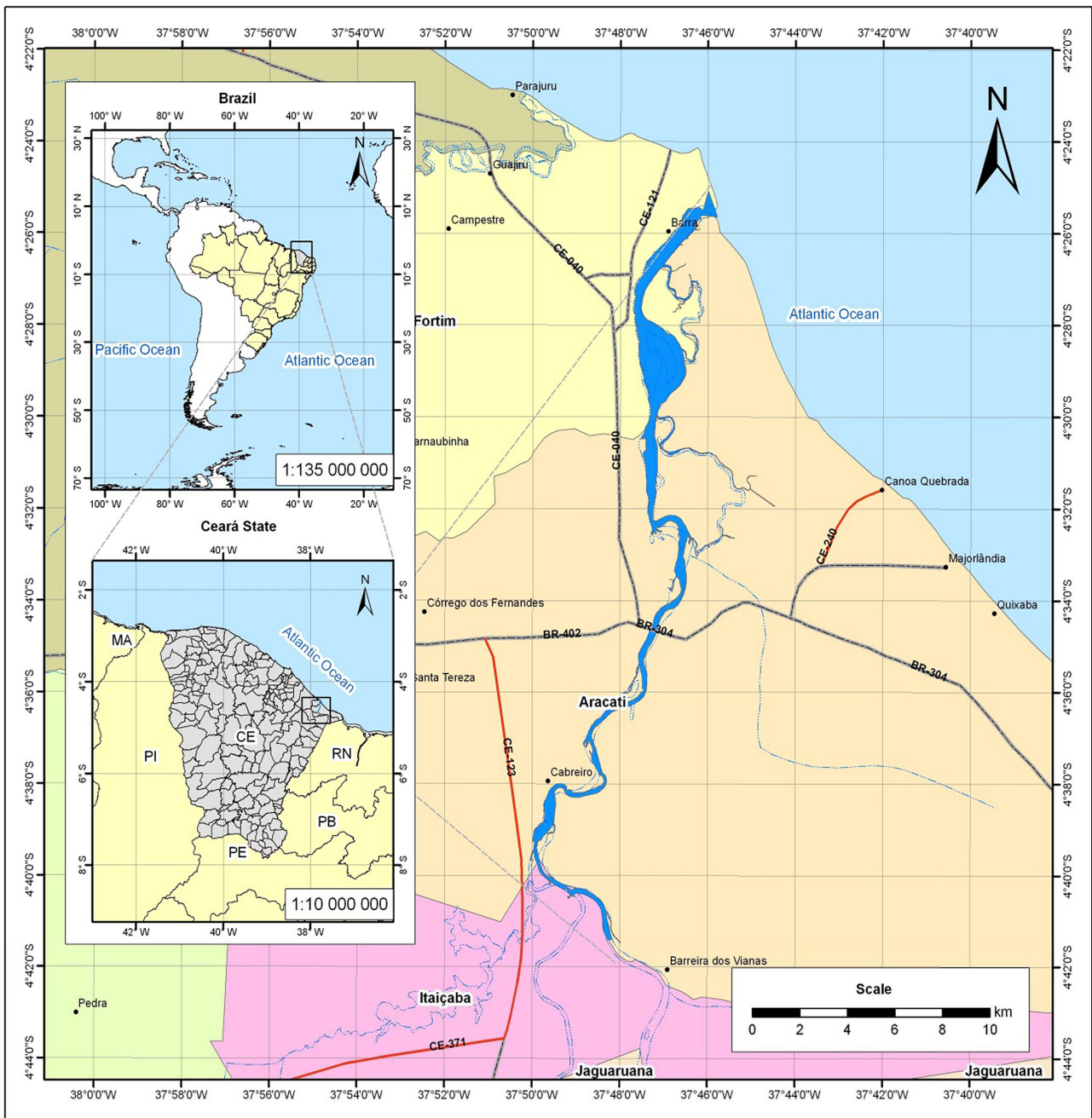


Figure 1. The study area: northeastern of Brazil.

(DHN) of Brazilian Navy in order to characterize the type of occupation and land use of the current aquaculture enterprises. These aerial photographs were obtained in the 1960s when there were no shrimp farms in Brazil. Subsequently, thematic maps in detail scales were developed by application of techniques digital interpretation of images and GIS, available in software SPRING 4.2 and ArcGIS 9.0. With the analysis and interpretation of the images, it was possible to map and survey the areas occupied by shrimp culture activity in the Jaguaribe river estuary.

### 2.5. Water Sampling and Analysis

From February 2010 to June 2012, thirty-three shrimp farms were visited to collect information about farming practices. During the shrimp production season, a total of 53 and 33 samples were collected from shrimp farms at the pump station (influent) and point of water discharge (effluent), respectively. Water quality parameters were analyzed in the water samples [27]. The parameters included: temperature, salinity, pH, dissolved oxygen (DO), total ammoniacal nitrogen (TAN), ammonia, nitrate,

nitrite, total phosphorus (TP), chlorophyll *a*, biochemical oxygen demand (BOD), turbidity and coliforms. The results of these analyses have been accomplished to the *Ceará State Environmental* superintendency. Then, the focus was on an interpretation and synthesis of the results and their relevance to the environmental performance of semi-intensive and intensive shrimp farming.

The variables were analyzed separately to obtain statistical parameters (mean, standard deviation, minimum and maximum). Data were analyzed by an analysis of variance (ANOVA) followed by the post-hoc Duncan multiple range test. A probability level of  $p < 0.05$  was considered statistically significant.

### 3. Results

#### 3.1. Development and Characteristics of Shrimp Farming

The number of companies in the Jaguaribe river estuary producing white shrimp *Penaeus vannamei* has increased during recent years. Currently, the industry has 64 participating farms. Shrimp farms can be divided into three categories: small (<30 ha), medium (between 30 and 100 ha) and large (>100 ha) (**Table 1**). In this study, total area dedicated to shrimp farming was 2411.3 ha in 2010 (**Figure 2**), while the pond area was 2071.2 ha (**Table 1**). The more common management system in the region is the semi-intensive type which occurs in 65.6% of the farms, while the intensive comprise 34.4%. Details on the management and characteristics of shrimp farms are summarized in **Table 2**. The shrimp farms operated all year round with 2.5 to 4.7 cycles year<sup>-1</sup>. In semi-intensive system, the stocking density of post-larval ranges from 15 - 30 individuals m<sup>-2</sup> in 1.0 - 10.0 ha ponds. During crop cycles, 3.2 - 4.7 crops are performed for year, resulting in a yield of 4.6 ton·ha<sup>-1</sup>·year<sup>-1</sup>. The application of fertilizers, supplementary feeding and water exchange of 0% - 5% are characteristic of this system. The feed conversion ratio (FCR) varies depending of feed quality and the management, generally it is lower (1.0 - 1.5). Commercially available pelleted feed (several companies) for *P. vannamei* are used in all shrimp farms. Protein content of the feed ranged from 30% to 40%.

The intensive culture system is characterized by the combination of high initial stocking densities (30 - 100 individuals m<sup>-2</sup>) and major feeding rates. During crop

cycles, 2.5 - 3.5 crops are performed for year, resulting in a yield of 9.2 ton ha<sup>-1</sup>·year<sup>-1</sup>. Depending on local conditions and the stage of grow-out, cycle feeding with commercial feed (35% - 40% protein) takes place and there is a regular water exchange of 3% - 30% of the pond volume per day that varied according to the stage of the production cycles. Constant use of mechanical stirrers ensures that aerobic conditions are maintained. FCR is also variable in this type of system, but it is possible to assume that 1.8 is a representative value.

The range size of farms in the Jaguaribe river estuary vary from 1 to 630 ha, with a mean estimated at 32.4 ha. The pond size also is variable (1 and 32.5 ha), 2 - 5 ha being predominant. The mean stocking density for intensive shrimp farms is 40 PL·m<sup>-2</sup> and for the semi-intensive 20 PL·m<sup>-2</sup>. In 2010-2012, the survival was normally in the range of 51.2% - 85.9% from stocking to harvest. The total production in 2011 was 13,110 tons in a pond area of 2071.2 ha with an average yield of 6.3 ton·ha<sup>-1</sup>·year<sup>-1</sup>.

The shrimp culture industry located in the Jaguaribe river estuary has generated 1.14 direct formal jobs, seasonal jobs, indirect formal jobs including hatcheries and post-harvest per hectare. Shrimp farms are responsible for the generation of 1186 direct formal jobs and 150 seasonal jobs related to shrimp harvest. In this region, there are two hatcheries and one processing plant that generate 149 and 420 direct formal jobs, respectively. The other secondary activities including buyers of shrimp and small processing plants have generated 451 direct formal jobs. The employments generated by fertilizers and feed industries were not considered because they are not located in the region of Jaguaribe river estuary. The local population is the main beneficiary from the creation of jobs. However, jobs requiring qualifications are normally occupied by outsiders.

Additionally, the shrimp culture industry located in the Jaguaribe river estuary has contributed to the strengthening and diversification of the local economy, increasing in the number of jobs in other sectors of industry and commerce. As an example, the major shrimp farm that operates in this region has opened up new companies, creating 77 additional jobs. This industry has also induced the operation of a federal school for training of young aquafarmers.

**Table 1. Characteristics of the shrimp farms by size operation.**

| Production system | Small               |           | Medium              |           | Large               |           | Total               |           |
|-------------------|---------------------|-----------|---------------------|-----------|---------------------|-----------|---------------------|-----------|
|                   | Number of companies | Area (ha) | Number of companies | Area (ha) | Number of companies | Area (ha) | Number of companies | Area (ha) |
| Semi-intensive    | 37                  | 260.1     | 3                   | 154.0     | 2                   | 880.0     | 42                  | 1294.1    |
| Intensive         | 10                  | 92.0      | 11                  | 535.1     | 1                   | 150.0     | 22                  | 777.1     |
| Total             | 47                  | 351.1     | 14                  | 689.1     | 3                   | 1030.0    | 64                  | 2071.2    |



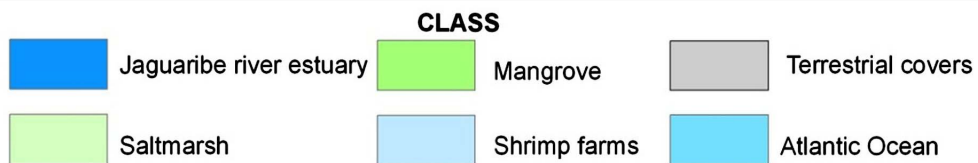
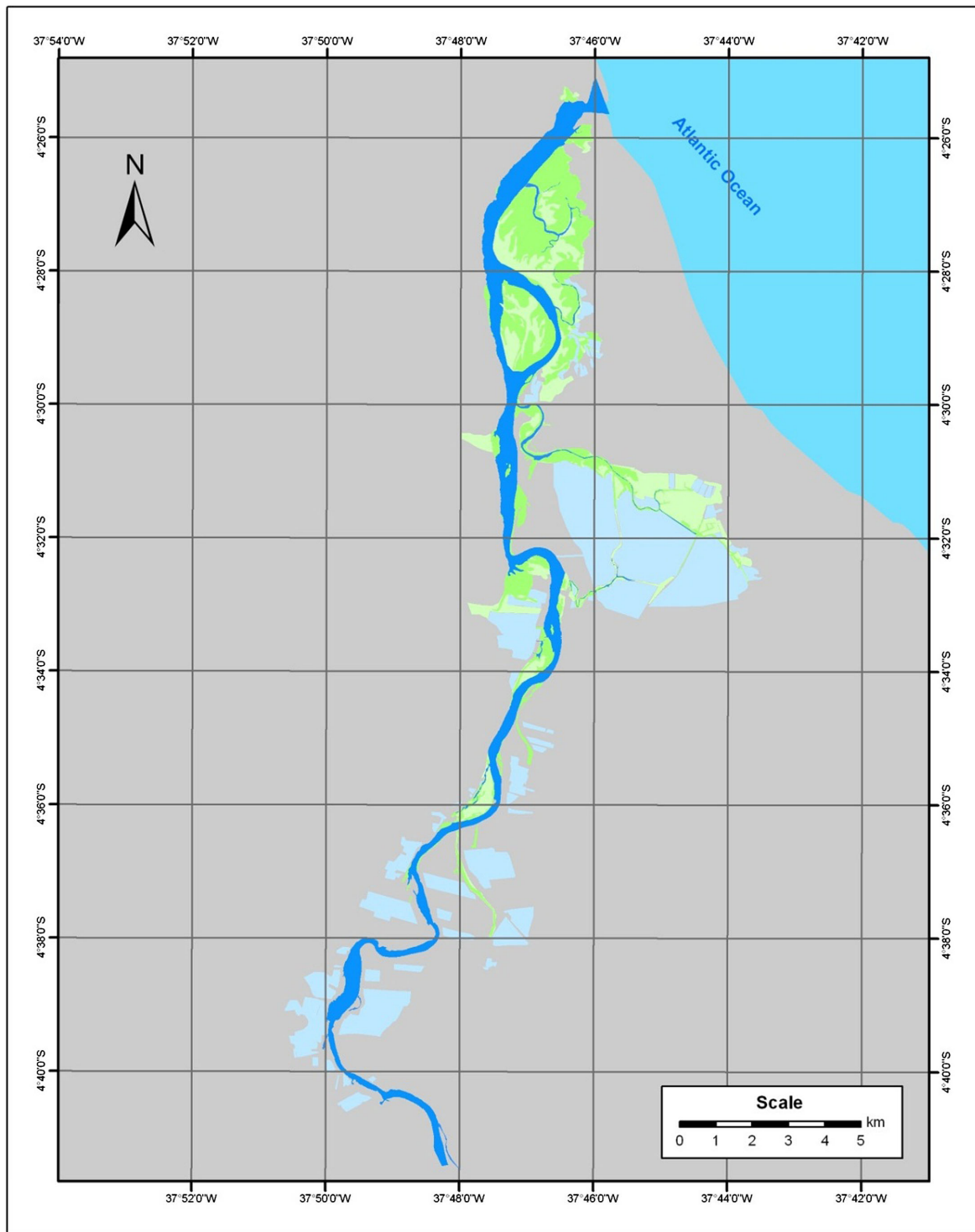


Figure 2. Thematic map of coastal wetland distribution in Jaguaribe river estuary. Land cover categories obtained by digitisation and by means of a supervised classification for Landsat Geocover of 1999-2000, CBERS of 2009-2010 and Google Earth images.



**Table 2. Characteristics of the different types of shrimp aquaculture practices.**

| Characteristics  | Intensity of farming systems |                         |
|--|------------------------------|-------------------------|
|  | Semi-intensive               | Intensive               |
| Pond size (ha)   | 1.0 - 32.5                   | 1.3 - 4.7               |
| Stocking density (PL·m <sup>-2</sup> )                     | 15 - 30                      | 30 - 100                |
| Survival rate (%)  | 56.1 - 85.9                  | 51.2 - 82.3             |
| Water exchange (%)   | 0 - 5                        | 3 - 30                  |
| Aeration (HP·ha <sup>-1</sup> )                            | 0 - 4                        | 4 - 20                  |
| Yield (ton·ha <sup>-1</sup> ·yr <sup>-1</sup> )            | 4.6                          | 9.2                     |
| Number of crops·yr <sup>-1</sup>                           | 3.2 - 4.7                    | 2.5 - 3.5               |
| Production (ton·year <sup>-1</sup> )                       | 5952.9                       | 7157.5                  |
| Fertilizers used (ton·ha <sup>-1</sup> ·yr <sup>-1</sup> ) | Urea < 0.25, TSP < 0.03      | Urea < 0.50, TSP < 0.10 |
| Feed consumption (ton·yr <sup>-1</sup> )                   | 7083.9                       | 11953.0                 |
| Feed used  | Natural and pelleted feed    | Pelleted feed           |
| Protein feed (%)   | 40 - 30                      | 40 - 35                 |
| FCR  | 1.01 - 1.37                  | 1.32 - 2.02             |
| Chemicals used   | Yes                          | Yes                     |
| Direct formal jobs (persons·ha <sup>-1</sup> )             | 0.52                         | 0.67                    |
| Direct seasonal jobs (persons·ha <sup>-1</sup> )*          |                              | 0.07                    |
| Indirect jobs (persons·ha <sup>-1</sup> )*                 |                              | 0.42                    |
| Disease problems   | Rare (IMNV and IHNV)         | Rare (IMNV and IHNV)    |
| Operational costs  | Moderate to high             | Moderate to high        |
| Environmental impact                                       | Relatively little            | Relatively little       |
| Social implications  | Moderate to high             | Moderate to high        |
| Economic proliferation                                     | Commercial                   | Commercial              |
| Sustainability concerns                                    | Moderate to low              | Moderate to low         |

\*The number of jobs was calculated the total area of shrimp farming (2071.2 ha).

Currently, the states of São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Bahia, Ceará and Pernambuco are thought to be largest shrimp consumers in Brazil, with practically 100% of production directed to the domestic market. Shrimp producers realize sales to processing plants. Afterwards, depending on commercial demand, processed shrimp is removed from the storage chambers and shipped by land to consuming centers in Brazil. However, there are some direct sales to other customers such as super-market chains, stores, hotels and restaurants.

### 3.2. Assessment of Land Cover and Land Use

Polygons for Jaguaribe river estuary, saltmarsh, mangrove, shrimp farms, terrestrial covers and the Atlantic ocean were digitised on-screen, rasterised, and overlaid on the images before the classification procedure that outputs thematic map with the cover and land use categories (Figures 2 and 3). The results obtained from digitising the shrimp farms on the Landsat Geocover and CBERS scene revealed a total of 64 shrimp farms or shrimp culture systems covering almost 2411.3 ha distributed close to the Jaguaribe river estuary. Although existing shrimp farms cover only 2411.3 ha of land in the study area, the

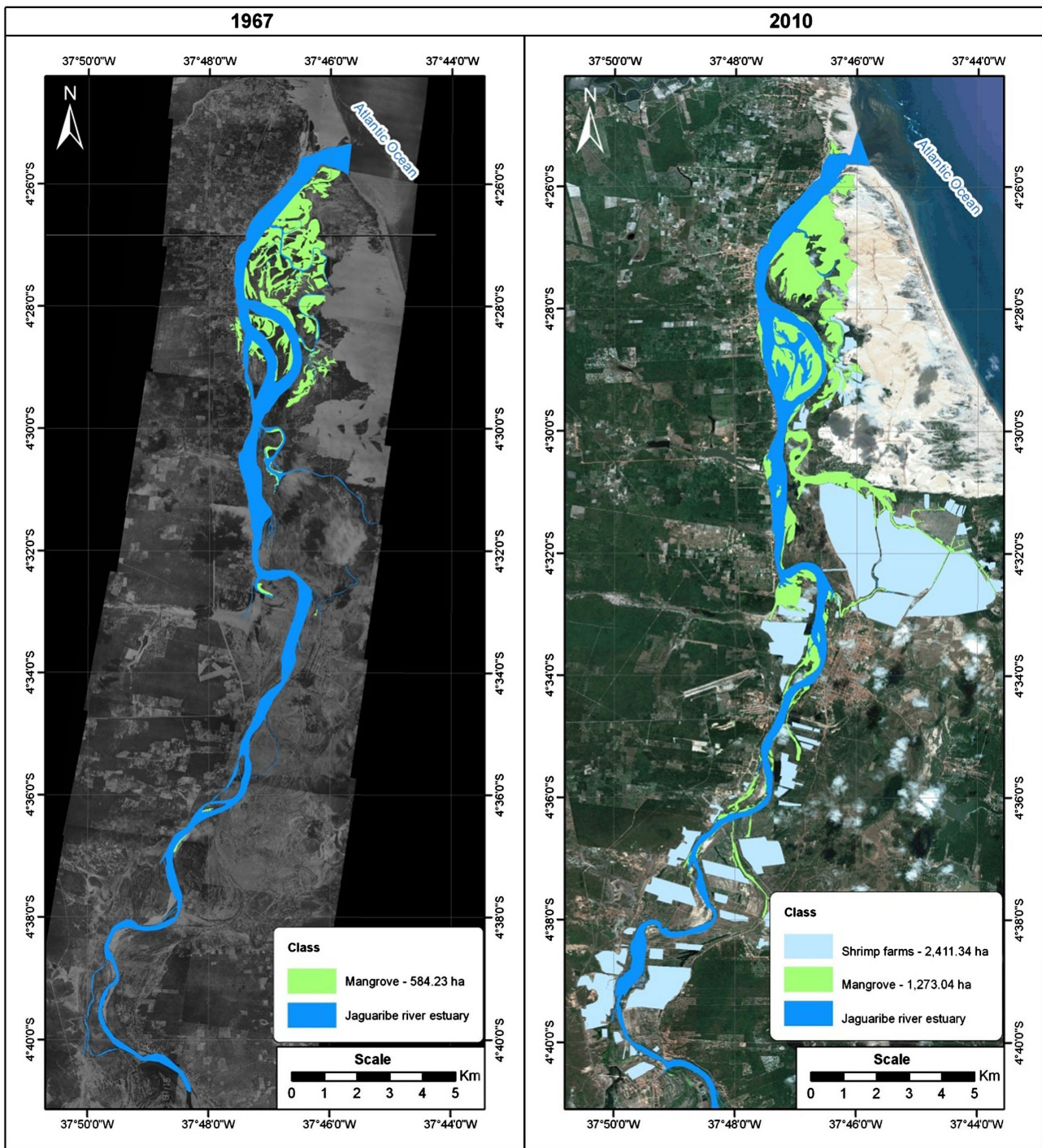
potential for expanding shrimp farms should take into consideration further political and environmental issues, since most of the suitable areas for shrimp farming are agricultural land.

Calculations showed that in the period 1967-2010, the area of mangrove increased from 584.2 ha to 1273.0 ha, although the movement of dunes on the right bank of the Jaguaribe river have contributed to a reduction in mangrove (Figure 3).

### 3.3. Assessment of Water Quality

The quality of water and subsequent effects of shrimp aquaculture in the coastal environment were evaluated by analyzing the parameters mentioned above in the sampling stations selected along the inlet and outlet points. The results of the water quality measurements included in this study are shown in Table 3.

In all the samplings for the influent and effluent from shrimp ponds in the Jaguaribe river estuary, the temperature did not vary along the years and normal seasonal variation was observed. There was no significant difference in water temperature between the pump station (influent) and point of water discharge (effluent). Similarly,



**Figure 3.** Thematic maps and area estimations of coastal wetland distribution in Jaguaribe river estuary. Land cover categories obtained by digitisation and by means of a supervised classification for aerial photographs of 1967, Landsat Geocover of 1999-2000, CBERS of 2009-2010 and Google Earth images.

there were no significant differences in water salinity, pH and dissolved oxygen among influent and effluent water. However, TAN, ammonia, nitrate, nitrite, total phosphorus, chlorophyll *a*, BOD, turbidity and coliforms were significantly higher in point of water discharge than pump station.

## 4. Discussion

### 4.1. Development and Characteristics of Shrimp Farming

The total area dedicated to shrimp farming in the Jaguaribe river estuary was 1676.78 ha, in 2005 [28] and 1640 ha

Table 3. Characteristics of the influent and effluent from shrimp ponds in the Jaguaribe river estuary.

| Parameter        | Unit                     | 2010                 |                       | 2011                 |                        | 2012                |                        | Standard <sup>1</sup> |
|------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|---------------------|------------------------|-----------------------|
|                  |                          | Influent             | Effluent              | Influent             | Effluent               | Influent            | Effluent               |                       |
| Temperature      | °C                       | 24.3 (21.9 - 30.4)   | 24.1 (20.0 - 30.2)    | 26.5 (21.7 - 31.3)   | 27.9 (22.3 - 33.1)     | 26.7 (22.2 - 31.0)  | 28.6 (23.1 - 31.1)     | n.a.                  |
| Salinity         | ppt                      | 9.6 (0 - 45.0)       | 15.2 (0 - 50.0)       | 10.1 (0 - 25.1)      | 13.4 (0 - 26.0)        | 5.0 (0 - 20.0)      | 9.7 (4.0 - 20.0)       | 0.5 - 30.0            |
| pH               |                          | 7.7 (6.7 - 8.3)      | 8.1 (7.4 - 8.8)       | 6.9 (6.0 - 8.8)      | 7.6 (6.6 - 9.0)        | 7.4 (6.1 - 8.9)     | 7.7 (7.1 - 8.3)        | 6.0 - 9.0             |
| DO               | mgL <sup>-1</sup>        | 6.8 (3.2 - 9.8)      | 7.3 (4.0 - 10.0)      | 6.3 (3.8 - 12.0)     | 6.9 (3.4 - 10.1)       | 5.8 (3.3 - 10.0)    | 8.6 (4.9 - 10.6)       | >4.0                  |
| TAN              | mgL <sup>-1</sup>        | 0.95 (0.01 - 3.30)   | 1.50 (0.02 - 3.50)*   | 0.40 (0.03 - 2.00)   | 1.51 (0.21 - 3.00)*    | 0.87 (0.03 - 1.51)  | 1.51 (0.28 - 4.00)*    | ≤0.40                 |
| Ammonia          | mgL <sup>-1</sup>        | 0.05 (0.00 - 0.20)   | 0.10 (0.00 - 0.20)*   | 0.01 (0.00 - 0.10)   | 0.09 (0.01 - 0.90)*    | 0.01 (0.00 - 0.01)  | 0.08 (0.01 - 0.30)*    | n.a.                  |
| Nitrate          | mgL <sup>-1</sup>        | 0.21 (0.10 - 0.50)   | 0.86 (0.10 - 3.60)*   | 0.59 (0.10 - 2.00)   | 0.79 (0.10 - 2.00)*    | 0.52 (0.20 - 1.10)  | 0.70 (0.30 - 2.00)*    | ≤0.40                 |
| Nitrite          | mgL <sup>-1</sup>        | 0.04 (0.00 - 0.40)   | 0.09 (0.00 - 0.60)*   | 0.03 (0.00 - 0.30)   | 0.10 (0.00 - 0.50)*    | 0.04 (0.00 - 0.20)  | 0.07 (0.01 - 0.55)*    | ≤0.07                 |
| Total phosphorus | mgL <sup>-1</sup>        | 0.16 (0.02 - 0.30)   | 0.18 (0.09 - 0.30)    | 0.13 (0.04 - 0.20)   | 0.17 (0.06 - 0.40)*    | 0.13 (0.07 - 0.20)  | 0.22 (0.10 - 0.40)*    | ≤0.12                 |
| Chlorophylla     | µgL <sup>-1</sup>        | 4.7 (0.5 - 16.5)     | 7.1 (2.1 - 12.0)      | 3.1 (1.0 - 8.0)      | 10.6 (2.0 - 21.0)*     | 6.0 (1.0 - 15.0)    | 6.5 (6.0 - 7.0)        | ≤30.0                 |
| BOD              | mgL <sup>-1</sup>        | 6.7 (0.6 - 15.6)     | 9.4 (2.3 - 21.7)*     | 4.3 (0.6 - 10.7)     | 9.2 (3.5 - 21.3)*      | 9.6 (1.2 - 20.2)    | 12.8 (7.1 - 21.4)*     | n.a.                  |
| Turbidity        | NTU                      | 20.2 (5.0 - 45.0)    | 31.2 (9.0 - 60.0)*    | 18.0 (5.0 - 72.0)    | 26.9 (6.0 - 88.0)      | 18.2 (4.0 - 36.0)   | 42.8 (22.0 - 62.0)*    | n.a.                  |
| Coliforms        | MPN/100 mL <sup>-1</sup> | 120.8 (20.0 - 500.0) | 257.5 (20.0 - 800.0)* | 182.2 (20.0 - 300.0) | 373.3 (40.0 - 1400.0)* | 64.0 (20.0 - 170.0) | 615.0 (20.0 - 2200.0)* | ≤2500.0               |

n.a. = Not Available; <sup>1</sup>CONAMA (Brazilian National Environment Council) Resolution number 357 of March 17, 2005 (Brazilian water quality standard for industrial effluents discharged into brackish water). Asterisks denote significant differences between Influent and effluent for each year studied.

in 2006 [24]. Currently, total area dedicated to shrimp farming was 2,411.3 ha, representing a 47.0% increase compared with 2006 and of 43.8% with respect to 2005.

Farming systems have gradually shifted from extensive traditional systems to improved extensive, semi-intensive and intensive production that are classified according to the pond size, water use, capital, labor, feed and chemicals used, and stocking densities [29]. In the Jaguaribe river estuary, semi-intensive shrimp culture utilizes pond enclosures that are smaller than traditional farms (1 - 8 hectares), but this system provides significantly higher yields (1 - 5 ton·ha<sup>-1</sup>·yr<sup>-1</sup>), while intensive shrimp aquaculture practices are typified by high stocking densities in aerated ponds (1 - 5 hectares) and high production rates (6 - 15 ton·ha<sup>-1</sup>·yr<sup>-1</sup>).

Since 2003, Brazilian shrimp cultivation has been hindered by disease in many regions [22,30]. The pandemic due to the penaeid virus IMNV has cost the Brazilian penaeid shrimp industry millions of dollars in lost crops, jobs, and export revenue [31]. Despite the expansion in the production area in the last years, diseases have not been a regular occurrence in the Jaguaribe river estuary shrimp farms in 2010-2012 [23,32]. IMN disease occurs principally in the rainfall period that was more intense for the period 2003-2009 than in 2010-2012. Diseases are associated more intensely with environmental changes than with the intensification of farms [33-35]. Moreover, poor water quality, associated with unplanned and uncontrolled farming, has increased the incidence of diseases and reduced production [36]. Unfortunately, the shrimp farms in the Jaguaribe river estuary have not implemented biosecurity plans, best management practices (BPM) and the use of certified post-larvae despite of the diseases and other technical problems. Despite of diseases are a recognized problem, the industry and Brazilian government are not using a SPF (specific pathogen-free) shrimp and Code of Conduct certifications. This case is completely different to observed situation in Thailand where approximately 18,000 shrimp/fish hatcheries and farms are certified for Good Aquaculture Practice/Code of Conduct by government in Thailand [37]. Additionally, due to its high costs and lack of preparation of shrimp farmers, it is still estimated that most farms do not have their effluents treated.

In the Jaguaribe river estuary, shrimp farms operated all year round with various cycles per year. On the other hand, in other countries the tendency has been to reduce the number of cycles per year due to the decreased crops during cold months [34,37-39].

The shrimp culture industry located in the Jaguaribe river estuary employs 2350 people that represent 23.2% of jobs generated in the two municipalities where the Jaguaribe river estuary is inserted. Therefore, this Industry contributes significantly to rural employment as ob-

served in other developing countries [4,40]. The shrimp culture in Ecuador has transformed the regional balance of the economy with respect to production, employment and habitation [40]. Similarly, the economic benefits of shrimp aquaculture in Asia are well recognized including employment opportunities [36,41,42]. Additionally, this industry contributes to poverty reduction and food security, as well as generates employment from seed collectors to exporters [43].

However, it is not surprising that the growth of shrimp farming has generated mounting criticism of its socio-environmental consequences, including the marginalisation of the rural poor, their increasing landlessness, breakdown of traditional livelihood support systems, increasing poverty, diminishing food security, and the transfer of land and wealth to local and national élites [2]. These problems have been reported in several producing countries [2,44-47]. In the Jaguaribe river estuary, the negative aspects of shrimp aquaculture include the prohibition of local populations of their traditional access to mangroves, the decline in food security, the marginalization of coastal communities and the unemployment due to the abandonment of shrimp farms [48]. However, evidence for these cases are not presented objectively by author.

In the period 2003-2010, the competitiveness of Brazilian farmed shrimp exports were affected by IMNV disease, US anti-dumping process and the strengthening of the Brazilian currency. Consequently, the exports decreased from 58,500 tons in 2003 to 1600 tons in 2010 [21]. Brazilian farmed shrimp production has remained constant in the last years but exports have fallen sharply and almost all production is now consumed domestically [25].

Compared with other countries, Brazil has high cost inputs for shrimp farming. However, the Brazilian shrimp industry has benefited from high domestic prices, despite of decreases in international price of shrimp due to import restrictions and high demand in the domestic market [3,21,49,50]. In 2011, the prices for size category ranged between US\$ 4.67 - 6.04 for 80/100 (count of head-on shrimp), US\$ 4.95 - 6.60 for 70/80 and US\$ 5.85 - 8.10 for 50/60. These prices are 40% - 50% higher than the practiced prices by farmers in Asia [51].

## 4.2. Assessment of Land Cover and Land Use

The use of satellite images has permitted monitoring and mapping of areas that require attention concerning the natural resource management [52-54]. Aerial survey techniques provide a level of details that allow the visualization of the landscape according to its structure and spatial-temporal distribution. The use of this tool is justified by its low cost and generation of digital data, which can be easily incorporated into a GIS database.

In many countries, the rapid expansion of shrimp farming has caused extensive destruction of mangrove ecosystems [55,56]. The destruction of part of the mangrove area was documented during this study. These habitats are legally protected and perform important ecological and economic functions, such as structural protection against the erosion of the coast, hydrological regulation, and shelter for biota. However, shrimp farms located in the Jaguaribe river estuary have been constructed in less than 0.2% (3.7 ha) of mangrove areas. Similarly, for the northern coast of Sinaloa (Mexico), a land cover change-detection analysis, with Landsat images, outputs that 75% of the shrimp farming in this region has been built on saltmarshes while less than 1% was constructed on mangrove areas [57].

### 4.3. Assessment of Water Quality

The water quality of shrimp farm effluent depends on a number of factors, including pond soil type, quality of influent water, stage of grow out season and management practices employed [58]. Water pollution is largely associated with the use and discharge of water in shrimp ponds [29]. Common problems in the open water exchange system include phytoplankton crashes, deteriorated pond bottoms and bacterial diseases [59].

The quality of water and subsequent effects of shrimp aquaculture in the coastal environment were evaluated by analyzing the parameters mentioned above in the sampling stations selected along the inlet and outlet points. The physical, chemical and biological parameters of water during the monitoring period were maintained within the Brazilian water quality standard for industrial effluents discharged into brackish water except for TAN (convert to ammonia), nitrate, nitrite and total phosphorus. However, Brazilian water quality standards for industrial effluents discharged are more restrictive than BAP standards (Global Aquaculture Alliances Best Aquaculture Practices Standards). Brazilian water quality standards for TAN and total phosphorus are  $\leq 0.4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  and  $\leq 0.12 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , respectively, while for BAP standards are  $\leq 5.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  and  $\leq 0.5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , respectively. Various studies with monitoring of effluent and influent water quality in shrimp farms report similar results [29,38,60-64]. Additionally, several researches have demonstrated effluent water from shrimp ponds typically contains elevated concentrations of dissolved nutrients compared to influent water [29,61,62,64].

On the other hand, the values of each environmental parameter remained stable during the period 2010-2012 indicating the capacity of the estuary to recycle nutrients. For example, TAN levels measured in the influent did not differ significantly during the years 2010 (mean  $0.95 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , ranging between  $0.01 - 3.30 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ), 2011

(mean  $0.40 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , ranging between  $0.03 - 2.00 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) and 2012 (mean  $0.87 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , ranging between  $0.03 - 1.51 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ). The mangrove estuaries have some capacity to tolerate periodic inputs of effluent from intensive shrimp ponds [60]. The authors suggest that the effluent can be dissipated by tides and assimilated and/or mineralized by the estuarine. The water quality was analyzed over a three-year period in a mangrove estuary receiving periodic inputs of effluent from adjacent shrimp ponds, and in two adjacent, non-impacted estuaries, in Australia [60]. The authors concluded that tidal mangrove estuaries have some capacity, at least over short spatial and temporal scales, to process intermittent inputs of pond-derived nutrients. However, strong contrasts in physical and chemical variables were evident between the influent and effluent creeks and between empty, full and harvest stages of a shrimp farm in same estuary [62]. According the authors, it was evident that the receiving environment in this study had been influenced as a result of waste from a shrimp farm.

### 5. Conclusions

This paper has assessed the environmental and socio-economic impacts of *Penaeus vannamei* shrimp farming and discussed sustainable production techniques for Northeastern Brazil. Northeastern Brazil is a region with environmental limitations due to the semiarid climate and restrictions in water supply. However, this region is the best position to shrimp culture. The brackish water shrimp industry in the Jaguaribe river estuary is dominated by semi-intensive and intensive culture systems with a pond area of 2071.2 ha and an average annual yield of  $6.3 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ . This industry has provided regular and additional employment to rural people, generating 1.14 jobs  $\text{ha}^{-1}$ . Currently, pandemics caused by viruses have not resulted in economic losses of shrimp farming industry in this Region. On the other hand, unfortunately, on-farm biosecurity protocols have not been used to prevent the introduction or re-introduction of specific pathogens like WSSV or IMNV, respectively. Despite a number of positive aspects of shrimp farming, this industry has negative environmental impacts. The most important environmental problems caused by shrimp farming are associated with mangrove deforestation and water pollution. However, the use of satellite images indicates that about 99.8% of the shrimp farms in the Jaguaribe river estuary have been constructed predominantly on saltmarshes and other coastal land and the remaining 0.2% were developed on mangrove areas. Moreover, no change in parameters of water quality was observed during the period 2010-2012, indicating that this estuary has some capacity to process pond-derived nutrients. Finally, to further growth and intensification of shrimp farming and reduce



the negative impacts associated with this industry, the use of breeding programs, SPF postlarvae, biosecure environments with physical barriers, pond treatment, inlet water treatment, treatment and reuse of effluent is necessary.

## 6. Acknowledgements

This research received support by Federal University of Ceará, CAPES Brazilian Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel and Ministry of Fisheries and Aquaculture (Brazil).

## REFERENCES

- [1] FAO, "FAO Fisheries Department, Fishery Information and Statistics Unit," FISHSTAT Plus Version 2.3.2, Database Aquaculture Production 1950-2010, 2012.
- [2] A. E. Neiland, N. Soley, J. B. Varley and D. J. Whitmarsh, "Shrimp Aquaculture: Economic Perspectives for Policy Development," *Marine Policy*, Vol. 25, No. 4, 2001, pp. 265-279. [http://dx.doi.org/10.1016/S0308-597X\(01\)00017-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0308-597X(01)00017-3)
- [3] L. Lebel, R. Mungkung, S. H. Gheewala and P. Lebel, "Innovation Cycles, Niches and Sustainability in the Shrimp Aquaculture Industry in Thailand," *Environmental Science and Policy*, Vol. 13, No. 4, 2010, pp. 291-302. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2010.03.005>
- [4] M. Islam and J. B. Braden, "Bio-Economic Development of Floodplains: Farming versus Fishing in Bangladesh," *Environment and Development Economics*, Vol. 11, No. 1, 2006, pp. 95-126. <http://dx.doi.org/10.1017/S1355770X0500269X>
- [5] P. Vandergeest, "Certification and Communities: Alternatives for Regulating the Environmental and Social Impacts of Shrimp Farming," *World Development*, Vol. 35, No. 7, 2007, pp. 1152-1171. <http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2006.12.002>
- [6] M. S. Islam, "From Pond to Plate: Towards a Twin-Driven Commodity Chain in Bangladesh Shrimp Aquaculture," *Food Policy*, Vol. 33, No. 3, 2008, pp. 209-223. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodpol.2007.10.002>
- [7] I. Csavas, "Important Factors in the Success of Shrimp Farming," *World Aquaculture*, Vol. 25, No. 1, 1994, pp. 34-56.
- [8] G. J. Graaf and T. T. Xuan, "Extensive Shrimp Farming, Mangrove Clearance and Marine Fisheries in the Southern Provinces of Vietnam," *Mangroves and Salt Marshes*, Vol. 2, No. 3, 1998, pp. 159-166. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1009975210487>
- [9] N. Kautsky, P. Rönnbäck, M. Tedengren and M. Troell, "Ecosystem Perspectives on Management of Disease in Shrimp Pond Farming," *Aquaculture*, Vol. 191, No. 1-3, 2000, pp. 145-161. [http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(00\)00424-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(00)00424-5)
- [10] F. Páez-Osuna, "The Environmental Impact of Shrimp Aquaculture: Causes, Effects, and Mitigating Alternatives," *Environmental Management*, Vol. 28, No. 1, 2001, pp. 131-140. <http://dx.doi.org/10.1007/s002670010212>
- [11] F. Páez-Osuna, S. R. Guerrero-Galván and A. C. Ruiz-Fernández, "The Environmental Impact of Shrimp Aquaculture and the Coastal Pollution in Mexico," *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 36, No. 1, 1998, pp. 65-75. [http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X\(98\)90035-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X(98)90035-2)
- [12] L. Lebel, N. H. Tri, A. Saengnoee, S. Pasong, U. Buatama and L. K. Thoa, "Industrial Transformation and Shrimp Aquaculture in Thailand and Vietnam: Pathways Toecological, Social and Economic Sustainability?" *Ambio*, Vol. 31, No. 4, 2002, pp. 311-323.
- [13] J. H. Primavera, "Overcoming the Impacts of Aquaculture on the Coastal Zone," *Ocean and Coastal Management*, Vol. 49, No. 9-10, 2006, pp. 531-545. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2006.06.018>
- [14] K. Rajitha, C. K. Mukherjee and R. Vinu-Chandran, "Applications of Remote Sensing and GIS for Sustainable Management of Shrimp Culture in India," *Aquacultural Engineering*, Vol. 36, No. 1, 2007, pp. 1-17. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaeng.2006.05.003>
- [15] C. T. Eng, J. N. Paw and F. Y. Guarin, "The Environmental Impact of Aquaculture and the Effects of Pollution on Coastal Aquaculture Development in Southeast Asia," *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 20, No. 7, 1989, pp. 335-343. [http://dx.doi.org/10.1016/0025-326X\(89\)90157-4](http://dx.doi.org/10.1016/0025-326X(89)90157-4)
- [16] R. L. Naylor, R. J. Goldburg, H. Mooney, M. Beveridge, J. Clay, C. Folke, N. Kautsky, J. Lubchenco, J. Primavera and M. Williams, "Nature's Subsidies to Shrimp and Salmon Farming," *Science*, Vol. 282, No. 5390, 1998, pp. 883-884. <http://dx.doi.org/10.1126/science.282.5390.883>
- [17] R. L. Naylor, R. J. Goldburg, J. H. Primavera, N. Kautsky, M. C. M. Beveridge, J. Clay, C. Folke, J. Lubchenco, H. Mooney and M. Troell, "Effect of Aquaculture on World Fish Supplies," *Nature*, Vol. 405, No. 6790, 2000, pp. 1017-1024. <http://dx.doi.org/10.1038/35016500>
- [18] Z. Xu, J. H. Primavera, L. D. De La Peña, P. Pettit, J. Belak and A. Alcivar-Warren, "Genetic Diversity of Wild and Cultured Black Tiger Shrimp (*Penaeus monodon*) in the Phillipines Using Microsatellites," *Aquaculture*, Vol. 199, No. 1-2, 2001, pp. 13-40. [http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(00\)00535-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(00)00535-4)
- [19] O. V. Sousa, A. Macrae, F. G. R. Menezes, N. C. M. Gomes, R. H. S. F. Vieira and L. C. S. Mendonça-Hagler, "The Impact of Shrimp Farming Effluent on Bacterial Communities in Mangrove Waters, Ceará, Brazil," *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 52, No. 12, 2006, pp. 1725-1734. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2006.07.006>
- [20] P. Moles and J. Bunge, "Shrimp Farming in Brazil: An Industry Overview," Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment. Work in Progress for Public Discussion. Published by the Consortium, 2002, 26 p.
- [21] I. P. Rocha, "Current Status and Trends in Brazilian Shrimp Farming," *Infofish International*, Vol. 5, 2011, pp. 24-28.
- [22] B. T. Poulos, K. F. J. Tang, C. R. Pantoja, J. R. Bonami and D. V. Lighner, "Purification and Characterization of Infectious Myonecrosis Virus of Penaeid Shrimp," *Jour-*

- nalof General Virology*, Vol. 87, 2006, pp. 987-996.
- [23] M. A. Teixeira-Lopes, P. R. N. Vieira-Girão, J. E. C. Freire, I. R. C. B. Rocha, F. H. F. Costa and G. Rádis-Baptista, "Natural Co-Infection with Infectious Hypodermal and Hematopoietic Necrosis Virus (IHHNV) and Infectious Myonecrosis Virus (IMNV) in *Litopenaeus vannamei* in Brazil," *Aquaculture*, Vol. 312, No. 1-4, 2011, pp. 212-216. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.01.005>
- [24] R. V. Marins, F. J. Paula Filho, S. A. Eschrique and L. D. Lacerda, "Anthropogenic Sources and Distribution of Phosphorus in Sediments from the Jaguaribe River Estuary, NE, Brazil," *Brazilian Journal of Biology*, Vol. 71, No. 3, 2011, pp. 673-678. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842011000400011>
- [25] M. C. S. Abreu, P. Mattos, P. E. S. Lima and A. D. Padula, "Shrimp Farming in Coastal Brazil: Reasons for Market Failure and Sustainability Challenges," *Ocean and Coastal Management*, Vol. 54, No. 9, 2011, pp. 658-667. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2011.06.012>
- [26] N. Golafshani, "Understanding Reliability and Validity in Qualitative Research," *The Qualitative Report*, Vol. 8, No. 4, 2003, pp. 597-607.
- [27] APHA, "Standard Methods," 19th Edition, American Public Health Association, Washington DC, 1995.
- [28] A. M. L. Soares, M. S. B. S. Carvalho, R. N. C. Barreto and Z. M. L. Soares, "Análise Temporal do Crescimento da Carcinicultura Marinha no Estuário do rio Jaguaribe-Ceará," In: J. C. N. Epiphany, L. S. Galvão and L. M. G. Fonseca, Eds., *Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR*, INPE, Florianópolis, 2007, pp. 4267-4274.
- [29] P. T. Anh, C. Kroeze, S. R. Bush A. P. J. Mol, "Water Pollution by Intensive Brackish Shrimp Farming in South-East Vietnam: Causes and Options for Control," *Agricultural Water Management*, Vol. 97, No. 6, 2010, pp. 872-882. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2010.01.018>
- [30] T. P. D. Andrade, T. Srisuvan, K. J. F. Tang and D. V. Lightner, "Real-Time Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction Assay Using TaqMan Probe for Detection and Quantification of Infectious Myonecrosis Virus (IMNV)," *Aquaculture*, Vol. 264, No. 1-4, 2007, pp. 9-15. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.11.030>
- [31] D. V. Lightner, "Virus Diseases of Farmed Shrimp in the Western Hemisphere (the Americas): A Review," *Journal of Invertebrate Pathology*, Vol. 106, No. 1, 2011, pp. 110-130. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jip.2010.09.012>
- [32] M. A. Teixeira-Lopes, J. E. F. Cruz, P. R. N. Vieira, I. R. C. B. Rocha, F. H. F. Costa and G. Rádis-Baptista, "Differential Diagnosis of Active Hypodermal and Hematopoietic Necrosis Virus Based on Gene Choice and Reverse Transcription Coupled with PCR," *Genetics and Molecular Research*, Vol. 9, No. 4, 2010, pp. 2025-2031. <http://dx.doi.org/10.4238/vol9-4gmr917>
- [33] J. H. Primavera, "Intensive Prawn Farming in the Philippines: Ecological, Social and Economic Implications," *Ambio*, Vol. 20, No. 1, 1991, pp. 28-33.
- [34] F. Páez-Osuna, A. Gracia, F. Flores-Verdugo, L. P. Lyle-Fritch, R. Alonso-Rodriguez, A. Roque and A. C. Ruiz-Fernandez, "Shrimp Aquaculture Development and the Environment in the Gulf of California Ecoregion," *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 46, No. 7, 2003, pp. 806-815. [http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X\(03\)00107-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X(03)00107-3)
- [35] S. Alam, B. Pokrant, A. Yakupitiyage and M. Phillips, "Economic Returns of Disease Affected Extensive Shrimp Farming in Southwest Bangladesh," *Aquaculture International*, Vol. 15, No. 5, 2007, pp. 363-370. <http://dx.doi.org/10.1007/s10499-007-9100-7>
- [36] A. K. Deb, "Fake Blue Revolution: Environmental and Socio-Economic Impacts of Shrimp Culture in the Coastal Areas of Bangladesh," *Ocean and Coastal Management*, Vol. 41, No. 1, 1998, pp. 63-88. [http://dx.doi.org/10.1016/S0964-5691\(98\)00074-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0964-5691(98)00074-X)
- [37] J. Yamprayoon and K. Sukhumparnich, "Thai Aquaculture: Achieving Quality and Safety through Management and Sustainability," *Journal of World Aquaculture Society*, Vol. 41, No. 2, 2010, pp. 274-280. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1749-7345.2010.00355.x>
- [38] M. A. Wahab, A. Bergheim and B. Braaten, "Water Quality and Partial Mass Budget in Extensive Shrimp Ponds in Bangladesh," *Aquaculture*, Vol. 218, No. 1-4, 2003, pp. 413-423. [http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00009-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00009-7)
- [39] J. T. Ponce-Palafox, A. Ruiz-Luna, S. M. Castillo-Vargas, M. García-Ulloa and J. L. Arredondo-Figueroa, "Technical, Economics and Environmental Analysis of Semi-Intensive Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Farming in Sonora, Sinaloa and Nayarit States, at the East Coast of the Gulf of California, México," *Ocean and Coastal Management*, Vol. 54, No. 7, 2011, pp. 507-513. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2011.03.008>
- [40] S. K. Meltzoff and E. LiPuma, "The Social and Political Economy of Coastal Zone Management: Shrimp Mariculture in Ecuador," *Coastal Zone Management Journal*, Vol. 14, No. 4, 1986, pp. 349-380. <http://dx.doi.org/10.1080/08920758609362009>
- [41] S. Ito, "From Rice to Prawns: Economic Transformation and Agrarian Structure in Rural Bangladesh," *Journal of Peasant Studies*, Vol. 29, No. 2, 2002, pp. 47-70. <http://dx.doi.org/10.1080/714003949>
- [42] A. Azad, K. Jensen and C. Lin, "Coastal Aquaculture Development in Bangladesh: Unsustainable and Sustainable Experiences," *Environmental Management*, Vol. 44, No. 4, 2009, pp. 800-809. <http://dx.doi.org/10.1007/s00267-009-9356-y>
- [43] B. G. Paul and C. R. Vogl, "Impacts of Shrimp Farming in Bangladesh: Challenges and Alternatives," *Ocean and Coastal Management*, Vol. 54, No. 3, 2011, pp. 201-211. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2010.12.001>
- [44] M. R. P. Briggs and S. J. Funge-Smith, "A Nutrient Budget of Some Intensive Marine Shrimp Ponds in Thailand," *Aquaculture and Fisheries Management*, Vol. 25, No. 8, 1994, pp. 789-811.
- [45] J. Goss, D. Burch and R. Rickson, "Agri-Food Restructuring and Third World Transnationals: Thailand, the CP Group and the Global Shrimp Industry," *World Development*, Vol. 28, No. 3, 2000, pp. 513-530.

- [http://dx.doi.org/10.1016/S0305-750X\(99\)00140-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0305-750X(99)00140-0)
- [46] M. Huitric, C. Folke and N. Kautsky, "Development and Government Policies of the Shrimp Farming Industry in Thailand in Relation to Mangrove Ecosystems," *Ecological Economics*, Vol. 40, No. 3, 2002, pp. 441-455. [http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00011-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00011-3)
- [47] S. Veuthey and J. F. Gerber, "Accumulation by Dispossession in Coastal Ecuador: Shrimp Farming, Local Resistance and the Gender Structure of Mobilizations," *Global Environmental Change*, Vol. 22, No. 3, 2011, pp. 611-622. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.10.010>
- [48] L. S. Queiroz, "There Is So Much Mangrove in the Life of Cumbe: The Influences of the Social-Environmental Impacts of Shrimp Farming on the Way of Life of a Coastal Community," Dissertation of Masters in Development and Environment-Graduate Program in Development and Environment, Federal University of Ceará, Fortaleza, 2007, pp. 113.
- [49] W. Keithly and P. Poudel, "The Southeast U.S.A. Shrimp Industry: Issues Related to Trade and Antidumping Duties," *Marine Resource Economics*, Vol. 23, No. 4, 2008, pp. 459-483.
- [50] S. J. Foster and A. C. J. Vincent, "Tropical Shrimp Trawl Fisheries: Fishers' Knowledge of and Attitudes about a Doomed Fishery," *Marine Policy*, Vol. 34, No. 3, 2010, pp. 437-446. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2009.09.010>
- [51] B. Muangkeow, K. Ikejima, S. Powtongsook and Y. Yi, "Effects of White Shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone), and Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* L., Stocking Density on Growth, Nutrient Conversion Rate and Economic Return in Integrated Closed Recirculation System," *Aquaculture*, Vol. 269, No. 1-4, 2007, pp. 363-376. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.04.002>
- [52] M. A. Salam, L. G. Ross and M. C. M. Beveridge, "A Comparison of Development Opportunities for Crab and Shrimp Aquaculture in Southwestern Bangladesh, Using GIS Modeling," *Aquaculture*, Vol. 220, No. 1-4, 2003, pp. 477-494. [http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00619-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00619-1)
- [53] D. H. Giap, Y. Yi and A. Yakupitiyage, "GIS for Land Evaluation for Shrimp Farming in Haiphong of Vietnam," *Ocean and Coastal Management*, Vol. 48, No. 1, 2005, pp. 51-63. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2004.11.003>
- [54] R. R. Freitas, C. Hartmann, P. R. A. Tagliani and L. H. Poersch, "Evaluation of Space Adequateness of Shrimp Farms in Southern Brazil," *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, Vol. 83, No. 3, 2011, pp. 1069-1076. <http://dx.doi.org/10.1590/S0001-37652011005000024>
- [55] M. A. Chowdhury, G. P. Shivakoti and M. Salequzzaman, "A Conceptual Framework for the Sustainability Assessment Procedures of the Shrimp Aquaculture Industry in Coastal Bangladesh," *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology*, Vol. 5, No. 2/3, 2006, pp. 162-184.
- [56] N. Ahmed, H. Demaine and J. F. Muir, "Freshwater Prawn Farming in Bangladesh: History, Present Status and Future Prospects," *Aquaculture Research*, Vol. 39, No. 8, 2008, pp. 806-819. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.01931.x>
- [57] C. A. Berlanga-Robles, A. Ruiz-Luna, G. Bocco and Z. Vekerdy, "Spatial Analysis of the Impact of Shrimp Culture on the Coastal Wetlands on the Northern Coast of Sinaloa, Mexico," *Ocean and Coastal Management*, Vol. 54, No. 7, 2011, pp. 535-543. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2011.04.004>
- [58] D. A. Ziemann, W. A. Walsh, E. G. Saphore and K. Fulton-Bennet, "A Survey of Water Quality Characteristics of Effluent from Hawaiian Aquaculture Facilities," *Journal of World Aquaculture Society*, Vol. 23, No. 3, 1992, pp. 180-191. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1749-7345.1992.tb00767.x>
- [59] S. J. Funge-Smith and M. R. P. Briggs, "Nutrient Budgets in Intensive Shrimp Ponds: Implications for Sustainability," *Aquaculture*, Vol. 164, No. 1-4, 1998, pp. 117-133. [http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(98\)00181-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(98)00181-1)
- [60] L. A. Trott and D. M. Alongi, "The Impact of Shrimp Pond Effluent on Water Quality and Phytoplankton Biomass in a Tropical Mangrove Estuary," *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 40, No. 11, 2000, pp. 947-951. [http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X\(00\)00035-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X(00)00035-7)
- [61] B. Xie, Z. H. Ding and X. R. Wang, "Impact of the Intensive Shrimp Farming on the Water Quality of the Adjacent Coastal Creeks from Eastern China," *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 48, No. 5-6, 2004, pp. 543-553. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2003.10.006>
- [62] S. D. Costanzo, M. J. O'Donohue and W. C. Dennison, "Assessing the Influence and Distribution of Shrimp Pond Effluent in a Tidal Mangrove Creek in North-East Australia," *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 48, No. 5-6, 2004, pp. 514-525. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2003.09.006>
- [63] R. Casillas-Hernández, F. Magallón-Barajas, G. Portillo-Clarck and F. Páez-Osuna, "Nutrient Mass Balances in Semi-Intensive Shrimp Ponds from Sonora, Mexico Using Two Feeding Strategies: Trays and Mechanical Dispersal," *Aquaculture*, Vol. 258, No. 1-4, 2006, pp. 289-298. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.03.027>
- [64] Y. Thomas, C. Courties, Y. E. Helwe, A. Herbland and H. Lemonnier, "Spatial and Temporal Extension of Eutrophication Associated with Shrimp farm Wastewater Discharges in the New Caledonia Lagoon," *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 61, No. 7-12, 2010, pp. 387-398.



# Technical and Environmental Analysis of Shrimp Farming in the Coreaú River Estuary, Ceará State, Brazil

Ítalo Régis Castelo Branco Rocha<sup>1</sup>, Tadeu Dote Sá<sup>2,3</sup>, Rommel Rocha de Sousa<sup>4</sup>, Gutemberg Costa de Lima<sup>4</sup>, José Renato de Oliveira César<sup>4</sup>, Francisco Hiran Farias Costa<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Federal Institute of Education, Science and Technology of Ceará – CE, 60115-282, Brazil

<sup>2</sup>Geoconsult – Geology and Environment Consulting, Fortaleza – CE, 60120-002, Brazil

<sup>3</sup>Center of Science and Technology, University of Fortaleza, Fortaleza – CE, 60811-905, Brazil

<sup>4</sup>Department of Fishing Engineering, Campus do Pici, Federal University of Ceará, Fortaleza – CE, 60455-760, Brazil

## Abstract

Compared with other countries, the Brazilian shrimp aquaculture had a moderate development occupying an area of less than 20,000 hectares. Despite the importance of shrimp farming in rural economy developing, many critics unproven technical and/or scientific have been made due to possible environmental and social impacts of this industry. The objective of this study was to evaluate the technical, social and environmental aspects of shrimp farming in the Coreaú river estuary, Ceará, Brazil. The focus was on the operating characteristics of shrimp farms. Results indicate that no shrimp farm was constructed on mangrove areas and no significant environmental impacts regarding water pollution were detected. However, it is interesting to identify technologically and economically feasible options for to resolve or mitigate the negative environmental impact of a future expansion of shrimp farms in this region.

**Keywords:** Shrimp farm; Mangroves; Impacts; Environmental; *Penaeus vannamei*

## Introduction

Global production of white shrimp *Penaeus vannamei* increased rapidly from 2.2 in 2008 to 2.7 million tons in 2010, at an average annual rate exceeding 10.2% [1,2]. Historically, shrimp farms started developing rapidly in early 1980s in response to international market demand and supported by government policies in many tropical and sub-tropical countries [3-6]. Shrimp farming industry has often been promoted in developing countries by means of diversification of economy, technological transfer, rural employment and foreign exchange [3,7-12]. On the other hand, shrimp farming has been historically related to negative environmental impacts including large-scale degradation of mangroves, alteration of wetlands, land subsidence, salinization of ground and surface water, pollution of agricultural lands and coastal waters by pond effluents and sludge, introduction of exotic species or pathogens into coastal environment and subsequent loss of goods and services generated by natural common property resources [13-25].

In Americas, this industry was responsible by 20% of the world's shrimp production. Leading producers of farmed raised shrimp in western hemisphere include Ecuador, Mexico and Brazil [26]. Brazilian production was estimated at 70,000 tons that generated US\$ 280 million in 2010 [2]. In Brazil, semi-intensive and intensive shrimp farming began during the 1980s with introduction of the white shrimp *P. vannamei*, stimulated by international market demand for high-value shrimp. The northeast region of Brazil is responsible for around 97% of the country's shrimp production [27]. The national shrimp farm industry has been studied from different points of view considering several aspects such as technical, economic, social and environmental issues [13,28-39]. Contrastingly, little is known about benefits of Brazilian shrimp farms, despite the large number of scientific papers, technical manuals and management briefs [13,35,40].

Ceará state is one of most important aquaculture sites in Brazil, with total farmed shrimp production was 21,000 tons during the year 2010. An increase of 42.8% was noticed in farmed shrimp in 2011, with 30,000 tons produced [41]. Despite the importance of shrimp farming

in developing the rural economy of the Ceará state, many unproven critics have been made regarding both negative environmental and social impacts of this industry. Therefore, further studies should be conducted to establish the coastal land occupation by shrimp farms and possible relationships with mangroves destruction, coastal pollution, shrimp diseases spread pond effluents, decline in food security and the marginalization of coastal communities. Coreaú river estuary is the third most productive shrimp farmed area in Ceará state. Currently, there are no studies reporting the environmental impacts of shrimp farms in this estuary. The aim of the present study was georeferenced shrimp farm areas by using satellite images and geoprocessing techniques, as well as to analyze both technical and environmental issues of shrimp farms in the Coreaú estuary, Ceará state, Brazil.

## Material and Methods

### Site location

This study was developed at marine shrimp farms located along the hydrographic basin of Coreaú river. The Coreaú river is part of the Atlantic hydrographic region of Brazilian northeast, located in the West region of the Ceará state and represents one of the main hydric reserves of the state with the enclosed area of approximately 4,400 km<sup>2</sup>. Coreaú river estuary comprises significant areas of mangrove forest with approximately 100 km<sup>2</sup> and it is characterized by a great economic and ecological importance (Figure 1).

**\*Corresponding author:** Francisco Hiran Farias Costa, Department of Fishing Engineering, Campus do Pici, Federal University of Ceará. Fortaleza – CE, Brazil, Tel: +55 85 3366 9725, E-mail: [hiranfcoosta@gmail.com](mailto:hiranfcoosta@gmail.com)

**Received** March 31, 2015; **Accepted** May 26, 2015; **Published** June 30, 2015

**Citation:** Rocha IRCB, Sá TD, Sousa RR, Lima GC, Oliveira Cesar JRO, et al. (2015) Technical and Environmental Analysis of Shrimp Farming in the Coreaú River Estuary, Ceará State, Brazil. J Aquac Res Development 6: 355. doi:[10.4172/2155-9546.1000355](http://dx.doi.org/10.4172/2155-9546.1000355)

**Copyright:** © 2015 Rocha IRCB, et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

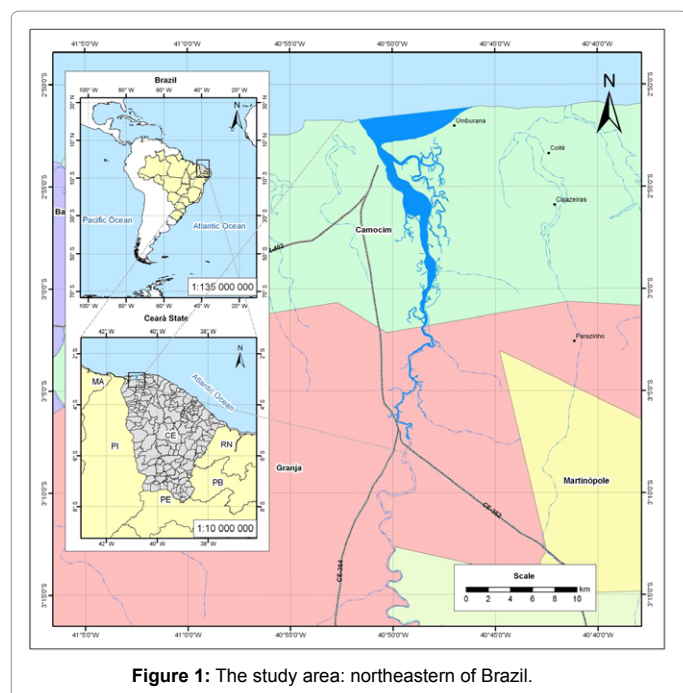


Figure 1: The study area: northeastern of Brazil.

## Technical parameters

All shrimp farms were visited to collect information on the operating characteristics of shrimp aquaculture. This analysis was focused on shrimp production in ponds with particular attention to growout and harvesting phases in the production cycle [13]. The methodology was based on field observations, interviews, and analysis of secondary data [36]. A survey carried in the period 2010-2012 involved direct interviews using a semi-structured questionnaire. Interviewees included farm owners or managers, traders, processing plant managers, hatchery managers and government officials. Data analysis was based on field observations, interview transcriptions, and external sources including official documents, external sources and academic literature on the subject [42]. In addition, data about the benefits and problems of shrimp aquaculture were collected. The benefits include the creation of direct formal jobs, seasonal jobs, indirect formal jobs including hatcheries and post-harvest, earning of foreign exchange, diversification of the economy, stimulation of backward and forward-linked sectors, inflow of direct investment and technological transfer. The negative aspects of shrimp aquaculture include technical, environmental, economic and social problems.

## Processing of satellite images

The applied methodology for shrimp farms identification was based on satellite images analysis with a resolution of 15 meters per pixel (Landsat 8). Images available in the online platform Google Earth (QuickBird) with high-resolution (2 meters per pixel) were used. Geometric correction was applied to remove image distortions introduced by the collection geometry. Afterwards, images were overlapped in layers using digital aerial photographs edited by the Directorate of Hydrography and Navigation (DHN) of Brazilian Navy in order to characterize the type of occupation and land use of the current aquaculture enterprises. These aerial photographs were obtained in the 1960s when there were no shrimp farms in Brazil. Subsequently, thematic maps in detail scales were developed by application of digital interpretation of images and GIS, available in software SPRING 4.2 and

ArcGIS 9.0. By using image processing and classification results, it was possible to map and survey the land areas occupied by shrimp farming in the Coreaú river estuary.

## Water sampling and analysis

For collecting the samples, nine shrimp farms were visited during eight sampling expeditions from January 2010 to December 2011. During the shrimp production season, a total of 72 and 144 samples were collected from shrimp farms at the pump station (influent) and point of water discharge (effluent), respectively. Water samples were stored in clean plastic bottles and returned immediately to the lab for analysis by applying standard methods. Water quality parameters were analyzed in the water samples [43]. The parameters included: temperature, pH, dissolved oxygen (DO), total ammoniacal nitrogen (TAN), ammonia, nitrate, nitrite, total phosphorus (TP), chlorophyll a, biochemical oxygen demand (BOD) and turbidity. The water quality data were examined an analysis of variance (ANOVA) followed by the post-hoc Duncan multiple range test. A probability level of  $p < 0.05$  was considered statistically significant. The values were expressed as the mean  $\pm$  SD.

## Results

### The shrimp farming system

The number of shrimp farms in the Coreaú river estuary producing white shrimp *Penaeus vannamei* in earthen ponds has increased during recent years. Currently, the industry has only 9 participating farms (Table 1). The range size of farms in the Coreaú river estuary varied from 9 to 310 ha, with a mean estimated at 60 ha. The more common management system in the region is the semi-intensive type which occurs in 90.5% of the farms, while the intensive system comprises 9.5%. In this study, total area dedicated to shrimp farming was 670.1 ha in 2011 (Figure 2). The pond area was 539.3 ha (Table 1), while the remaining 130.8 ha refer to buildings, intake canals, pump stations, distribution canals and discharge canals. Additionally, information presented by three farmers indicates a production area expansion in over 370 ha, including the construction of a new shrimp farm in the period 2011-2013 (personal information).

Details on the management and characteristics of shrimp farms are summarized in (Table 2). The pond size also is variable (1.3 and 15.7 ha), 2–5 ha being predominant. The mean stock density for intensive shrimp farms is 40 PL/m and for the semi-intensive 20 PL/m. In 2010-2012, the survival was normally in the range of 60.2–95.9% from stocking to harvest. The shrimp farms operated all year round with 2.4 to 5.2 cycles/year. In 2011, the total production was 3,324 tons in a pond area of 539.3 ha with an average yield of 6.2 ton/ha/year. Different commercial feeds have different food conversion rates, but current feeds on the market have an average FCR between 0.7 and 1.5 for the growing conditions prevailing in this region.

Before each production cycle, ponds are emptied and the sludge is removed (both after harvest and before the new cycle) (Table 2). Depending on the natural conditions of each area, ponds may require further treatment before the new cycle. In the case of soil with pH acid, the treatment with dolomite –  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  and/or lime n  $\text{CaO}$  and/or slaked lime –  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , is done to neutralize the acidity of the soil in the pond in the preparation phase. Typically, the dosage of dolomite and/or lime ranges between 1.0 and 3.0 ton/ha, depending on the soil pH. The ponds are then aerated continuously for two to five days, to kill vectors of infectious diseases such as fish and crabs. The ponds are disinfected with chlorine and then fertilized to promote algal production with urea

| Production system | Small               |           | Medium              |           | Large               |           | Total               |           |
|-------------------|---------------------|-----------|---------------------|-----------|---------------------|-----------|---------------------|-----------|
|                   | Number of companies | Area (ha) | Number of companies | Area (ha) | Number of companies | Area (ha) | Number of companies | Area (ha) |
| Semi-intensive    | 3                   | 59.0      | 3                   | 119.3     | 1                   | 310.0     | 7                   | 488.3     |
| Intensive         | 1                   | 9.0       | 1                   | 42.0      | 0                   | 0.0       | 2                   | 51.0      |
| Total             | 4                   | 68.0      | 4                   | 161.3     | 1                   | 310.0     | 9                   | 539.3     |

Table 1: Characteristics of the shrimp farms by size operation.

| Characteristics                         | Intensity of farming systems |                      |
|---|------------------------------|----------------------|
|   | Semi-intensive               | Intensive            |
| Pond size (ha)                          | 2.5-15.7                     | 1.3-2.1              |
| Stocking density (PL/m)                 | 15-30                        | 30-50                |
| Survival rate (%)                       | 75.1-95.9                    | 60.2-84.2            |
| Water exchange (%)                      | 0-5                          | 3-30                 |
| Aeration (HP ha <sup>-1</sup> )         | 0-4                          | 4-12                 |
| Yield (ton/ha/yr)                       | 5.9                          | 8.1                  |
| Number of crops/yr                      | 3.2-5.2                      | 2.4-3.6              |
| Production (ton/yr)                     | 2912,1                       | 412.1                |
| Fertilizers used (ton/ha/yr)            | Urea<0.25, TSP<0.03          | Urea<0.50, TSP<0.10  |
| Feed consumption (ton/yr)               | 2795.0                       | 570.7                |
| Feed used                               | Natural and pelleted feed    | Pelleted feed        |
| Protein feed (%)                        | 40-30                        | 40-35                |
| FCR                                     | 0.8-1.2                      | 1.3-1.5              |
| Chemicals used                          | Yes                          | Yes                  |
| Direct formal jobs (persons/ha)         | 0.34                         | 0.65                 |
| Direct seasonal jobs (persons/ha)*      | 0.06                         |                      |
| Indirect jobs (persons/ha) <sup>r</sup> | 0.63                         |                      |
| Disease problems                        | Rare (IMNV and IHNV)         | Rare (IMNV and IHNV) |
| Operational costs                       | Moderate to high             | Moderate to high     |
| Environmental impact                    | Relatively little            | Relatively little    |
| Social implications                     | Moderate to high             | Moderate to high     |
| Economic proliferation                  | Commercial                   | Commercial           |
| Sustainability concerns                 | Moderate to low              | Moderate to low      |

\*The number of jobs was calculated the total area of shrimp farming (539.3 ha).

Table 2: Characteristics of the different types of shrimp aquaculture practices.

and phosphate (or super phosphate). The quality of the water before stocking shrimp larvae have to meet the guidelines for white shrimp farming, and should be maintained throughout the cultivation season.

Shrimp culture industry in the Coreáú river estuary generated an average of 1.05 direct formal jobs, seasonal jobs, indirect formal jobs including hatcheries and post-harvest per hectare (Table 2). Shrimp farms are responsible for the generation of 197 direct formal jobs and 30 seasonal jobs related to shrimp harvest. The other secondary activities including shrimp buyers and small processing plants have generated 338 direct formal jobs. The employments generated by fertilizers and feed industries were not considered because they are not located in the region of Coreáú river estuary. The local population is the main beneficiary from jobs created. However, skilled jobs are frequently offered to outsiders. Additionally, this industry has contributed to the strengthening and diversification of the local economy, increasing in the number of jobs in other sectors of industry and commerce.

Currently, the states of São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Bahia, Ceará and Pernambuco are thought to be largest shrimp consumers in Brazil, with practically 100% of production directed to the domestic market. Many shrimp producers trade to processing plants, while some producers realize sales of smoked shrimp for the Pará state. Afterwards, depending on commercial demand, processed shrimp is removed from the storage chambers and shipped by land

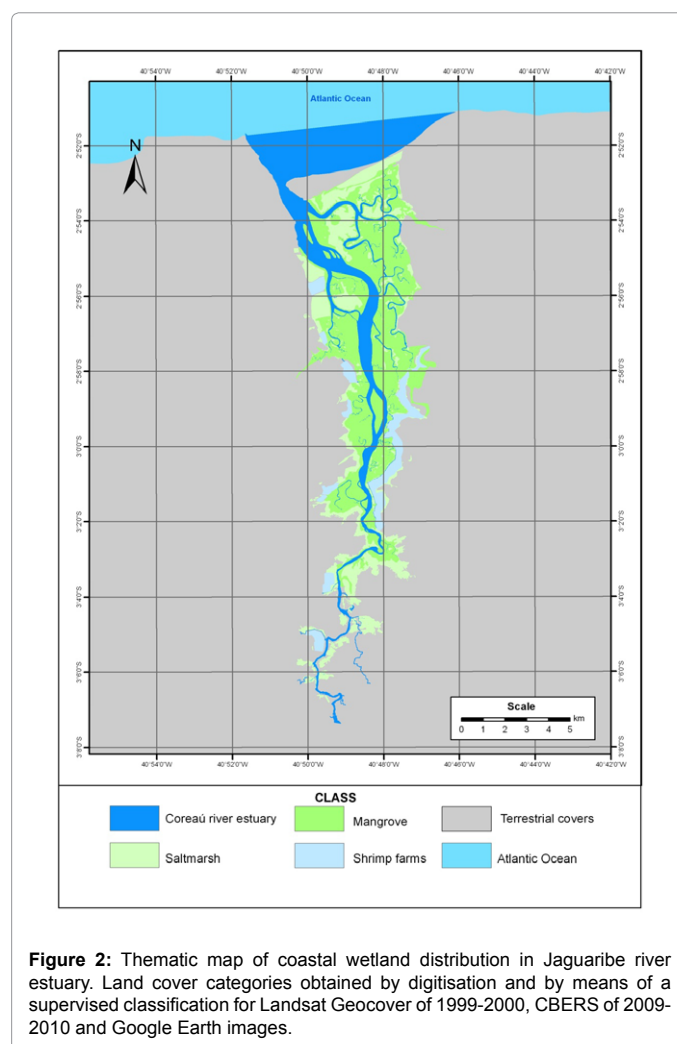


Figure 2: Thematic map of coastal wetland distribution in Jaguaribe river estuary. Land cover categories obtained by digitisation and by means of a supervised classification for Landsat Geocover of 1999-2000, CBERS of 2009-2010 and Google Earth images.

to consuming centers in Brazil. However, there are some direct sales to other customers such as supermarket chains, stores, hotels and restaurants. Therefore, the farmed shrimp industry has not favored foreign currency in the country.

### Assessment of land cover and land use

Polygons for Coreáú river estuary, saltmarsh, mangrove, shrimp farms, terrestrial covers and the Atlantic ocean were digitised on-screen, rasterised, and overlaid on the images before the classification procedure that outputs thematic map with the cover and land use categories (Figures 2 and 3). The results obtained from digitizing the shrimp farms on the Landsat 8 and QuickBird scene revealed a total of 9 shrimp farms covering almost 670.1 ha distributed close to the Coreáú river estuary. Although existing shrimp farms cover only 670.1 ha of land in the study area, the potential for expanding shrimp farms should



take into consideration further political and environmental issues, since most of the suitable areas for shrimp farming are agricultural land.

Calculations showed that in the period 1960-2010, the area of mangrove increased from 3,413.1 ha to 3,843.3 ha, although the movement of dunes on the right bank of the Coreaú river have contributed to a slight reduction in mangrove (Figure 3). The increase of 430.2 ha in the extents of mangroves took place on soils previously occupied by non-mangrove land covers, mainly on the islands.

### Assessment of water quality

During the studied period, the water temperature did not vary for samplings of influent and effluent and normal seasonal variation was observed (Table 3). Similarly, there were no significant differences

in pH among influent and effluent water. Significant differences were observed for water salinity because of the difference in rainfall during the study period (2010 with 460 mm and 2011 with 1,241 mm). However, there was significant difference in salinity between samplings of influent and effluent. Furthermore, the values of dissolved oxygen, TAN, ammonia, nitrate, nitrite, total phosphorus and chlorophyll *a* were significantly higher in point of water discharge than on the pump station for the two years studied. However, BOD and turbidity only were significantly higher in point of water discharge than on the pump station during the year 2010.

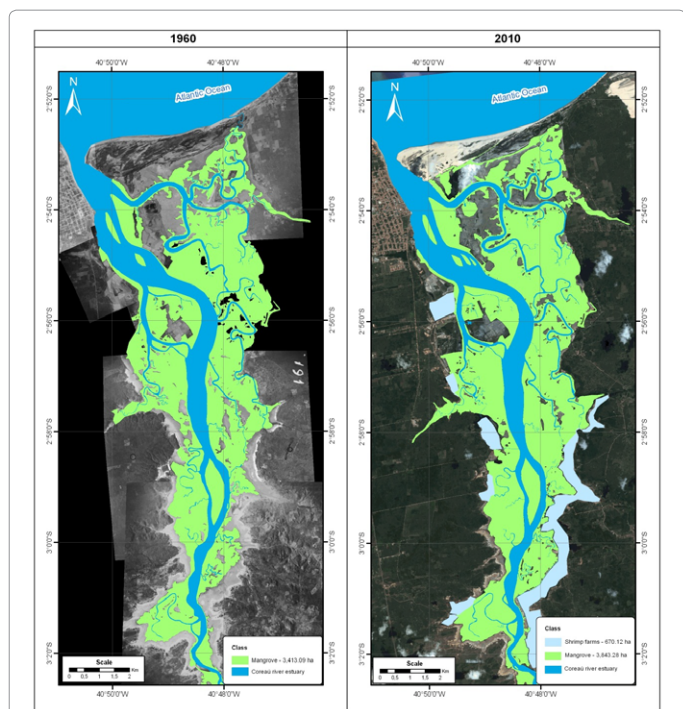
### Discussion

In the Coreaú river estuary from 1998 until 2011, the shrimp culture activity grew from zero to 670.1 ha, which is 11.7% of the ponds in Ceará state. The rapid development of shrimp farming in this region is a similar phenomenon to that observed in other regions of the Ceará and in other states in Brazil [13,36,38]. Similarly, this growth has been observed in many tropical and sub-tropical countries because of the high economic returns [5,12,44,45].

Farming systems have gradually shifted from extensive traditional systems to improved extensive, semi-intensive and intensive production that are classified according to the pond size, water use, capital, labor, feed and chemicals used, and stocking densities [5]. In the Coreaú river estuary, semi-intensive shrimp culture utilizes pond enclosures than traditional farms (2.5-15.7 hectares), because this system provides significantly higher yields (5.9 ton/ha/yr), while intensive shrimp aquaculture practices are typified by high stocking densities in aerated ponds (1.3-2.1 hectares) and high production rates (8.1 ton/ha/yr).

Compared to other countries, intensive shrimp production system in the Coreaú river estuary has a relatively low stocking density (30-50 PL/m). Stocking density of comparative systems in Thailand, Taiwan, China or Mexico range between 50 and 100 PL/m [46,47].

Despite the expansion in the production area in recent years, diseases have not been a regular occurrence in the Coreaú river estuary shrimp farms in 2010-2012 [35,39]. Consequently, due to the absence of virus diseases farms have increased stocking density, production and yield. Although this industry has suffered a serious collapse due to disease outbreaks in period 2003-2009, the industry and Brazilian government are not using a SPF (specific pathogen-free) shrimp and Code of Conduct certifications [31,48]. Shrimp farms in the Coreaú



**Figure 3:** Thematic maps and area estimations of coastal wetland distribution in the Coreaú river estuary. Land cover categories obtained by digitisation and by means of a supervised classification for aerial photographs of 1960, Landsat Geocover of 1999-2000, CBERS of 2009-2010 and Google Earth images.

| Parameter            | Unit | 2010             |                    | 2011             |                    | Standard <sup>1</sup> |
|----------------------|------|------------------|--------------------|------------------|--------------------|-----------------------|
|                      |      | Influent         | Effluent           | Influent         | Effluent           |                       |
| Temperature          | °C   | 25.3 (25.1-25.9) | 25.4 (24.3-26.9)   | 26.4 (20.9-29.9) | 26.0 (21.9-30.1)   | n.a.                  |
| Salinity             | ppt  | 41.5 (39.0-44.0) | 44.2 (30.0-52.0)   | 18.38 (0.0-32.5) | 16.7 (0.0-35.0)    | 0.5-30.0              |
| pH                   |      | 7.7 (7.6-7.9)    | 8.0 (8.0-8.1)      | 6.9 (6.3-7.9)    | 7.0 (6.5-7.6)      | 6.0-9.0               |
| DO                   | mg/L | 4.7 (4.6-4.9)    | 8.2 (6.0-10.2) *   | 5.2 (2.6-7.4)    | 8.7 (5.0-15.4)*    | >4.0                  |
| TAN                  | mg/L | 0.55 (0.01-1.55) | 2.55 (1.15-3.50) * | 1.57 (0.01-1.31) | 2.35 (0.95-3.25) * | ≤ 0.40                |
| Ammonia              | mg/L | 0.01 (0.0-0.01)  | 0.20 (0.04-0.47) * | 0.02 (0.0-0.2)   | 0.14 (0.07-0.22) * | n.a.                  |
| Nitrate              | mg/L | 0.5 (0.5-0.6)    | 1.1 (1.0-1.5) *    | 0.3 (0.2-0.5)    | 0.9 (0.6-1.5) *    | ≤ 0.40                |
| Nitrite              | mg/L | 0.01 (0.0-0.01)  | 0.04 (0.03-0.05) * | 0.02 (0.0-0.05)  | 0.04 (0.1-0.07) *  | ≤ 0.07                |
| Total phosphorus     | mg/L | 0.08 (0.06-0.09) | 0.20 (0.11-0.40) * | 0.08 (0.01-0.20) | 0.20 (0.10-0.31) * | ≤ 0.12                |
| Chlorophyll <i>a</i> | µg/L | 1.5 (1.0-2.0)    | 30.0 (15.0-45.0) * | 1.8 (1.0-4.0)    | 15.2 (8.0-21.0) *  | ≤ 30.0                |
| BOD                  | mg/L | 1.2 (0.4-2.1)    | 8.4 (3.0-13.9) *   | 3.7 (1.4-6.3)    | 12.7 (4.7-25.0)    | n.a.                  |
| Turbidity            | NTU  | 1.5 (1.0-2.0)    | 37.5 (4.0-62.0) *  | 7.0 (4.0-13.0)   | 11.7 (6.0-18.0)    | n.a.                  |

Na: Not Available; <sup>1</sup>CONAMA (Brazilian National Environment Council) Resolution number 357 of March 17, 2005 (Brazilian water quality standard for industrial effluents discharged into brackish water). \*Significant differences between Influent and effluent for each year studied.

**Table 3:** Characteristics of the influent and effluent from shrimp ponds in the Coreaú river estuary.

river estuary had not implemented biosecurity plans, best management practices (BPM) and the use of certified post-larvae despite of the diseases and other technical problems. Additionally, due to its high costs and lack of preparation of shrimp farmers, it is still estimated that most farms do not have their effluents treated.

In the Coreaú river estuary, shrimp farms operated all year round with various cycles per year. The objective is to obtain small shrimp sizes (100/120 and 80/100, count of head-on shrimp) which have a great demand and attractive prices in domestic market. The general trend in the region is to increase the stocking density (20-80 PL/m), due to high domestic prices. Unfortunately, due the absence of on-farm biosecurity protocols, these shrimp farms could be affected by diseases resulting in production inefficiencies and reduced profits.

To reduce the risk of crop failure and environmental pollution, farmers use a relatively adequate amount of feed, fertilizers and chemicals in shrimp farming. The application of probiotics in this region was relatively recent, but the interest in this protocol is increasing rapidly. Additionally, the use of pesticides, antibiotics and other toxic compounds has not been reported in shrimp farms of Coreaú river estuary.

This shrimp culture industry employs 565 people in the two municipalities (Camocim and Granja) where the Coreaú river estuary is inserted. Workers in the Coreaú river estuary generally have little education and must be trained for years to work effectively in a shrimp farm, while managers are normally brought in from urban centers and earn high salaries. The expansion of shrimp farms in the estuary of the River Coreaú is recent and this is attributed to potential high profits and the limited job opportunities. By contrast, shrimp farms in the estuaries of rivers Jaguaribe and Acaraú integrate more equipment and infrastructure and also create a larger number of direct and indirect jobs. Compared with the main producing area of the state of Ceará, the shrimp farms in the Coreaú river estuary generate only one quarter of the jobs compared to Jaguaribe river estuary [13]. It is recognized that this industry contributes significantly to rural employment as observed in other developing countries [9,49]. Community level benefits are seen as rural job creation, strengthening the local economy, poverty reduction and food security [24,49-51].

Unfortunately, it is not surprising that shrimp farm expansion has generated increasing criticism of its socio-environmental negative consequences, including the unemployment, marginalization of the rural poor, their increasing landlessness, breakdown of traditional livelihood support systems, increasing poverty, diminishing food security, and the transfer of land and wealth to local and national élites [3,40]. However, evidence for these cases is not presented objectively by authors of these criticisms. On the contrary, shrimp farms in the Coreaú river estuary are responsible for stimulating the local economy and improving the welfare of traditional communities.

A large number of earth observing satellites has been orbited, and is providing frequent imageries of its surface. From images generated by these satellites, several studies can provide useful information for sustainable management of shrimp farms [52-55].

Land evaluation using GIS techniques estimates that a total of 670.1 hectares of shrimp farm facilities in the Coreaú river estuary were established mainly on saltmarshes and/or carnaubal palm forests and/or agriculture areas (Figure 2). These land covers are consist up of flat land and soils with fine textures and low infiltration rates that make them ideal for building shrimp ponds. Nevertheless, mangrove forest area increases were observed during recent years. Calculations showed

that in 1960 nearly 3,413.09 ha of mangroves were observed, reaching about 3,843.28 ha by 2010 (Figure 3), resulting in an annual average rate of mangrove area increase of 2.0% yr<sup>-1</sup>. Additionally, the results indicate that no shrimp farm was constructed on mangrove areas.

Shrimp farm development in several countries is recognized as one of main factors contributing to mangrove deforestation. In Brazil, the growth of shrimp farming has generated false criticism of its environmental consequences, including mangrove conversion and expropriation [40]. For example, due to lack of evidence, the author tries to relate the growth of mangrove areas (980 to 1,020 ha) with abandoned shrimp farms, despite an expansion from 295 to 2,468 ha, in the period 1988-2011. However, in the study area (Jaguaribe river estuary), there are no abandoned shrimp farms [13].

Although the pollution potential of shrimp pond effluents is minimal compared to domestic or industrial waste water [56], problems arise because of the large volumes of water discharged from intensive farms and compounded due to the high concentration of farm units in areas with limited water supplies and inadequate flushing [53]. Despite their importance, relatively little is known about the pollution potential of shrimp pond effluents in Brazil.

Water quality values obtained from the current study were within the acceptable range for *Penaeus vannamei* culture. Additionally, physical, chemical and biological values of water quality during the monitoring period were maintained within the Brazilian water quality standard for industrial effluents discharged into brackish water except for TAN (convert to ammonia), nitrate, nitrite, total phosphorus and chlorophyll *a*. However, Brazilian water quality standards for industrial effluents discharged are more restrictive than BAP standards (Global Aquaculture Alliances Best Aquaculture Practices Standards). Brazilian water quality standards for TAN and total phosphorus are ≤ 0.4 mg/L and ≤ 0.12 mg/L, respectively, while for BAP standards are ≤ 5.0 mg/L and ≤ 0.5 mg/L, respectively. Water quality monitoring did not indicate significant impacts of pond effluents in various estuaries worldwide [5,19,57-61]. Additionally, several researches have demonstrated effluent water from shrimp ponds typically contains elevated concentrations of dissolved nutrients compared to influent water [5,19,59,61].

On the other hand, the values of each environmental parameter remained stable during the period 2010-2011 indicating the capacity of the estuary to recycle nutrients. For example, TAN levels measured in the influent did not differ significantly during the years 2010 (mean 0.55 mg/L, ranging between 0.01-1.55 mg/L) and 2011 (mean 0.57 mg/L, ranging between 0.01-1.31 mg/L). The mangrove estuaries have some capacity to tolerate periodic inputs of effluent from intensive shrimp ponds [58]. The authors suggest that the effluent can be dissipated by tides and assimilated and/or mineralized by the estuarine. Unfortunately, some studies correlate shrimp farms to estuarine pollution, despite the cumulative impact of various anthropogenic sources that result in discharge of domestic, agricultural and industrial wastes into coastal waters [61].

## Conclusions

This paper has assessed the technical, economics, social and environmental aspects of shrimp farming in the Coreaú river estuary, Ceará, Brazil. These aspects are very important to develop this industry in a sustainable way. Additionally, the sustainability of the shrimp farming relies of complete policies and regulations, a healthy environment and technological advance. In the Coreaú river

estuary, this industry is dominated by semi-intensive and intensive culture systems with an average production of 5.9 to 8.1 ton ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup>. This productivity is gained by the use of hatchery-raised post-larvae, fertilizers, supplementary feeding and a limited degree of mechanical water management. In this estuary, shrimp farming industry has promoted in terms of the possibility of increasing rural employment, strengthening local economy, poverty reduction and food security. Due to the international market failure and high production costs, most of the farmed shrimp produced in Brazil have been sold within the country in the past few years. Finally, despite the large number of literatures reported negative effects of shrimp farming on the environment, results presented indicate that no shrimp farm was constructed on mangrove areas or cause significant pollution estuary waters. However, it is important to say that the environmental monitoring period was relatively short and further studies should monitor environmental variables during longer periods.

### Acknowledgement

This research received support by Federal University of Ceará, CAPES Brazilian Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel and Ministry of Fisheries and Aquaculture (Brazil).

### References

1. FAO (2012) The State of World Fisheries and Aquaculture 2010, Rome
2. FAO (2012) FAO Fisheries Department.
3. Neiland AE, Soley N, Varley JB, Whitmarsh DJ (2001) Shrimp aquaculture: economic perspectives for policy development. *Marine Policy* 25: 265-279.
4. Lebel L, Tri NH, Saengnoee A, Pasong S, Buatama U, et al. (2002) Industrial transformation and shrimp aquaculture in Thailand and Vietnam: pathways to ecological, social, and economic sustainability? *Ambio* 31: 311-323.
5. Anh PT, Kroeze C, Bush SR, Mol APJ (2010) Water pollution by intensive brackish shrimp farming in south-east Vietnam: Causes and options for control. *Agricultural Water Management* 97: 872-882.
6. Lebel L, Mungkung R, Gheewala SH, Lebel P (2010) Innovation cycles, niches and sustainability in the shrimp aquaculture industry in Thailand. *Environmental Science and Policy* 13: 291-302.
7. Bailey C (1988) The social consequences of tropical shrimp mariculture development. *Ocean and Shoreline Management* 11: 31-44.
8. Islam M, Braden JB (2006) Bio-economic development of floodplains: farming versus fishing in Bangladesh. *Environment and Development Economics* 11: 95-126.
9. Vandergeest P (2007) Certification and communities: alternatives for regulating the environmental and social impacts of shrimp farming. *World Development* 35: 1152-1171.
10. Islam MS (2008) From pond to plate: towards a twin-driven commodity chain in Bangladesh shrimp aquaculture. *Food Policy* 33: 209-223.
11. Ponce-Palafox JT, Ruiz-Luna A, Castillo-Vargas SM, García-Ulloa M, Arredondo-Figueroa JL (2011) Technical, economics and environmental analysis of semi-intensive shrimp (*Litopenaeus vannamei*) farming in Sonora, Sinaloa and Nayarit states, at the east coast of the Gulf of California, México. *Ocean and Coastal Management* 54: 507-513.
12. Dote-Sá T, Sousa RR, Rocha IRCB, Lima GC Costa FHF (2013) Brackish shrimp farming in Northeastern Brazil: the environmental and socio-economic impacts and sustainability. *Natural Resources* 4: 538-550.
13. Primavera JH (1991) Intensive prawn farming in the Philippines: ecological, social and economic implications. *Ambio* 20: 28-33.
14. Primavera JH (1997) Socio-economic impacts of shrimp culture. *Aquaculture Research* 28: 815-827.
15. FLAHERTY M, VANDERGEEST P (1998) PROFILE: "Low-Salt" Shrimp Aquaculture in Thailand: Goodbye Coastline, Hello Khon Kaen! *Environ Manage* 22: 817-830.
16. Páez-Osuna F (2001) The environmental impact of shrimp aquaculture: causes, effects, and mitigating alternatives. *Environ Manage* 28: 131-140.
17. Páez-Osuna F, Gracia A, Flores-Verdugo F, Lyle-Fritch LP, Alonso-Rodríguez R, et al. (2003) Shrimp aquaculture development and the environment in the Gulf of California ecoregion. *Mar Pollut Bull* 46: 806-815.
18. Costanzo SD, O'Donohue MJ, Dennison WC (2004) Assessing the influence and distribution of shrimp pond effluent in a tidal mangrove creek in north-east Australia. *Mar Pollut Bull* 48: 514-525.
19. Islam MS, Wahab MA, Tanaka M (2004) Seed supply for coastal brackishwater shrimp farming: environmental impacts and sustainability. *Mar Pollut Bull* 48: 7-11.
20. Gunawardena M, Rowan JS (2005) Economic valuation of a mangrove ecosystem threatened by shrimp aquaculture in Sri Lanka. *Environ Manage* 36: 535-550.
21. Primavera JH (2006) Overcoming the impacts of aquaculture on the coastal zone. *Ocean & Coastal Management* 49: 531-545.
22. Alam S, Pokrant B, Yakupitiyage A, Phillips M (2007) Economic returns of disease affected extensive shrimp farming in southwest Bangladesh. *Aquaculture International* 15: 363-370.
23. Azad AK, Jensen KR, Lin CK (2009) Coastal aquaculture development in Bangladesh: unsustainable and sustainable experiences. *Environ Manage* 44: 800-809.
24. Veuthey S, Gerber JF (2011) Accumulation by dispossession in coastal Ecuador: Shrimp farming, local resistance and the gender structure of mobilizations. *Global Environmental Change* 22: 611-622.
25. Moss SM, Moss DR, Arce SM, Lightner DV, Lotz JM (2012) The role of selective breeding and biosecurity in the prevention of disease in penaeid shrimp aquaculture. *J Invertebr Pathol* 110: 247-250.
26. Lightner DV (2011) Virus diseases of farmed shrimp in the Western Hemisphere (the Americas): a review. *J Invertebr Pathol* 106: 110-130.
27. Moles P, Bunge J (2002) Shrimp farming in Brazil: An industry overview.
28. Carvalho EA, Nunes JAP (2006) Effects of feeding frequency on feed leaching loss and grow-out patterns of the white shrimp *Litopenaeus vannamei* fed under a diurnal feeding regime in pond enclosures. *Aquaculture* 252: 494-502.
29. Sousa OV, Macrae A, Menezes FGR, Gomes NCM, Vieira RHSF, Mendonça-Hagler LCS (2006) The impact of shrimp farming effluent on bacterial communities in mangrove waters, Ceará, Brazil. *Marine Pollution Bulletin* 52: 1725-1734.
30. Andrade TPD, Srisuvan T, Tang KJF, Lightner DV (2007) Real-time reverse transcription polymerase chain reaction assay using TaqMan probe for detection and quantification of Infectious myonecrosis virus (IMNV). *Aquaculture* 264: 9-15.
31. Queiroz LS (2007) There is so much mangrove in the life of Cumbe: the influences of the social-environmental impacts of shrimp farming on the way of life of a coastal community.
32. Casé M, Leça EE, Leitão SN, Sant'Anna EE, Schwamborn R, Moraes-Júnior AT (2008) Plankton community as an indicator of water quality in tropical shrimp culture ponds. *Marine Pollution Bulletin* 56: 1343-1352.
33. Lopes PFM (2008) Extracted and farmed shrimp fisheries in Brazil: economic, environmental and social consequences of exploitation. *Environment, Development and Sustainability* 10: 639-655.
34. Teixeira-Lopes MA, Cruz JEF, Vieira PRN, Rocha IRCB, Costa FHF, Rádis-Baptista G (2010) Differential diagnosis of active hypodermal and hematopoietic necrosis virus based on gene choice and reverse transcription coupled with PCR. *Genetics and Molecular Research* 9: 2025-2031.
35. Abreu MCS, Mattos P, Lima PES, Padula AD (2011) Shrimp farming in coastal Brazil: Reasons for market failure and sustainability challenges. *Ocean & Coastal Management* 54: 658-667.
36. Costa FHF, Valença NSMS, Silva ARBP, Bezerra GA, Cavada BS, Rádis-Baptista G (2011) Cloning and molecular modeling of *Litopenaeus vannamei* (Penaeidae) C-type lectin homologs with mutated mannose binding domain-2. *Genetics and Molecular Research* 10: 650-664.
37. Rocha IP (2011) Current status and trends in Brazilian shrimp farming. *Infofish International* 5: 24-28.



38. Teixeira-Lopes MA, Vieira-Girão PRN, Freire JEC, Rocha IRCB, Costa, FHF, et al. (2011) Natural co-infection with infectious hypodermal and hematopoietic necrosis virus (IHHNV) and infectious myonecrosis virus (IMNV) in *Litopenaeus vannamei* in Brazil. *Aquaculture* 312: 212-216.
39. Queiroz L, Rossi S, Meireles J, Coelho C (2013) Shrimp aquaculture in the federal state of Ceará, 1970-2012: Trends after mangrove forest privatization in Brazil. *Ocean and Coastal Management* 73: 54-62.
40. Brazil (2012) *Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura, Brasil 2010*.
41. Golafshani N (2003) Understanding reliability and validity in qualitative research. *The Qualitative Report* 8: 597-607.
42. APHA (1995) *Standard Methods*. American Public Health Association, Washington, DC.
43. Nguyen HH, McAlpine C, Pullar D, Johansen K, Duke NC (2013) The relationship of spatio-temporal changes in fringe mangrove extent and adjacent land-use: Case study of Kien Giang coast, Vietnam. *Ocean and Coastal Management* 76: 12-22.
44. Kaiser D, Unger D, Qiu G, Zhou H, Gan H (2013) Natural and human influences on nutrient transport through a small subtropical Chinese estuary. *Sci Total Environ* 450-451: 92-107.
45. Páez-Osuna F, Ruiz-Fernández AC (2005) Environmental load of nitrogen and phosphorus from extensive, semi-intensive, and intensive shrimp farms in the Gulf of California ecoregion. *Bull Environ Contam Toxicol* 74: 681-688.
46. Flaherty M, Szuster B, Miller P (2009) Low salinity inland shrimp farming in Thailand. *Ambio: A Journal of the Human Environment* 29: 174-179.
47. Poulos BT, Tang KF, Pantoja CR, Bonami JR, Lightner DV (2006) Purification and characterization of infectious myonecrosis virus of penaeid shrimp. *J Gen Virol* 87: 987-996.
48. Meltzoff SK, LiPuma E (1986) The social and political economy of coastal zone management: shrimp mariculture in Ecuador. *Coastal Zone Management Journal* 14: 349-380.
49. Ito S (2002) From rice to prawns: economic transformation and agrarian structure in rural Bangladesh. *Journal Peasant Studies* 29: 47-70.
50. Paul BG, Vogl CR (2011) Impacts of shrimp farming in Bangladesh: Challenges and alternatives. *Ocean and Coastal Management* 54: 201-211.
51. Rajitha K, Mukherjee CK, Vinu-Chandran R (2007) Applications of remote sensing and GIS for sustainable management of shrimp culture in India. *Aquacultural Engineering* 36: 1-17.
52. Salam MA, Ross LG, Beveridge MCM (2003) A comparison of development opportunities for crab and shrimp aquaculture in southwestern Bangladesh, using GIS modeling. *Aquaculture* 220: 477-494.
53. Giap DH, Yi Y, Yakupitiyage A (2005) GIS for land evaluation for shrimp farming in Haiphong of Vietnam. *Ocean and Coastal Management* 48: 51-63.
54. Freitas RR, Hartmann C, Tagliani PR, Poersch LH (2011) Evaluation of space adequateness of shrimp farms in Southern Brazil. *An Acad Bras Cienc* 83: 1069-1076.
55. Macintosh DJ, Phillips M (1992) Environmental issues in shrimp farming. *Infotish International* 6: 38-42.
56. Wahab MA, Bergheim A, Braaten B (2003) Water quality and partial mass budget in extensive shrimp ponds in Bangladesh. *Aquaculture* 218: 413-423.
57. Trott LA, Alongi DM (2000) The impact of shrimp pond effluent on water quality and phytoplankton biomass in a tropical mangrove estuary. *Marine Pollution Bulletin* 40: 947-951.
58. Biao X, Zhuhong D, Xiaorong W (2004) Impact of the intensive shrimp farming on the water quality of the adjacent coastal creeks from Eastern China. *Mar Pollut Bull* 48: 543-553.
59. Casillas-Hernández R, Magallón-Barajas F, Portillo-Clarck G, Páez-Osuna F (2006) Nutrient mass balances in semi-intensive shrimp ponds from Sonora, Mexico using two feeding strategies: Trays and mechanical dispersal. *Aquaculture* 258: 289-298.
60. Thomas Y, Courties C, Helwe YE, Herbrand A, Lemonnier H (2010) Spatial and temporal extension of eutrophication associated with shrimp farm wastewater discharges in the New Caledonia lagoon. *Marine Pollution Bulletin* 61: 387-398.
61. Páez-Osuna F, Guerrero-Galván SR, Ruiz-Fernández AC (1998) The environmental impact of shrimp aquaculture and the coastal pollution in Mexico. *Marine Pollution Bulletin* 36: 65-75.

**Citation:** Rocha IRCB, Sá TD, Sousa RR, Lima GC, Oliveira Cesar JRO, et al. (2015) Technical and Environmental Analysis of Shrimp Farming in the Coreau River Estuary, Ceará State, Brazil. *J Aquac Res Development* 6: 355. doi:[10.4172/2155-9546.1000355](https://doi.org/10.4172/2155-9546.1000355)

### Submit your next manuscript and get advantages of OMICS Group submissions

#### Unique features:

- User friendly/feasible website-translation of your paper to 50 world's leading languages
- Audio Version of published paper
- Digital articles to share and explore

#### Special features:

- 400 Open Access Journals
- 30,000 editorial team
- 21 days rapid review process
- Quality and quick editorial, review and publication processing
- Indexing at PubMed (partial), Scopus, EBSCO, Index Copernicus and Google Scholar etc
- Sharing Option: Social Networking Enabled
- Authors, Reviewers and Editors rewarded with online Scientific Credits
- Better discount for your subsequent articles

Submit your manuscript at: <http://www.omicsonline.org/submission>



## Short communication

Effects of stocking density on the performance of juvenile pirarucu (*Arapaima gigas*) in cages

Elenise Gonçalves de Oliveira, Alberto Banhos Pinheiro, Valdemir Queiroz de Oliveira, Antônio Ronaldo Melo da Silva Júnior, Manuella Gazzineo de Moraes, Ítalo Régis Castelo Branco Rocha, Rommel Rocha de Sousa, Francisco Hiran Farias Costa \*

Department of Fishing Engineering, Campus do Pici, Federal University of Ceará, Fortaleza, CE, 60455–760, Fortaleza, CE, Brazil

## ARTICLE INFO

## Article history:

Received 12 July 2011

Received in revised form 25 September 2012

Accepted 26 September 2012

Available online 12 October 2012

## Keywords:

Pirarucu

*Arapaima gigas*

Cages

Stocking density

Performance

Economic feasibility

## ABSTRACT

Pirarucu, *Arapaima gigas*, is a carnivorous freshwater fish that exists along the Amazon Basin. This study investigated the effect of stocking density on growth performance and economic return of pirarucu in cages. Fish were stocked at densities of 10 or 12.5 fish/m<sup>3</sup> in 4.0-m<sup>3</sup> cages installed in Sítios Novos Reservatório (Ceará State, Brazil), with three replicate cages for each density. Fish were fed a formulated diet containing 40% crude protein and 14.2 MJ/kg of feed and cultured for 140 days. The following physicochemical parameters of the water were always at satisfactory levels for fish culture throughout the experiments: water temperatures ranged from 26.3 to 30.2 °C, DO 3.2 to 7.7 mg/L, pH 6.9 to 7.7 and transparency 100 to 130 cm. Survival was high and ranged between 100.0% and 94.7 ± 5.0% in cages at 10 and 12.5 fish/m<sup>3</sup>, respectively. Density significantly affected ( $P < 0.05$ ) final mean weight (2630.4 ± 213.7 and 2138.0 ± 148.2 g) and weight gain (2516.9 ± 202.0 and 2043.1 ± 142.9 g). In contrast, specific growth rate (2.25 ± 0.09 and 2.22 ± 0.06%/day), feed conversion ratio (1.2 ± 0.1 and 1.2 ± 0.2) and production (26.3 ± 2.1 and 25.4 ± 2.6 kg/m<sup>3</sup>) were not significantly ( $P > 0.05$ ) affected by stocking density. Economic analysis was emphasized mostly on sales price and pirarucu juveniles and feed costs. The total costs of production were estimated at US\$4.52/kg and US\$5.31/kg for stocking densities of 10 fish/m<sup>3</sup> and 12.5 fish/m<sup>3</sup>, respectively. At a local market price of US\$5.55/kg, the model used suggests that a commercial enterprise can be profitable only for density of 10 fish/m<sup>3</sup>. Furthermore, the economic viability of implementing of pirarucu culture in cages was analyzed using profitability indicators such as internal rate of return (IRR), net present value (NPV) and payback period. The high survival, very fast growth and moderated production rates of pirarucu stocked demonstrate that cages are a viable alternative method to standard ponds for the commercial production of pirarucu. The economic indicators appear to be attractive, thus pirarucu cage culture can become a profitable industry.

© 2012 Elsevier B.V. All rights reserved.

## 1. Introduction

In recent years, the Brazilian aquaculture industry has attempted to select new species of fish in order to diversify its production. In this context, the viability of aquaculture has been studied for some fish species like matrinxã, *Brycon cephalus* (Gomes et al., 2000); jundiá, *Rhamdia quelen* (Barcellos et al., 2004); cachara, *Pseudoplatystoma fasciatum* (Leonardo et al., 2004); tambaqui, *Colossoma macropomum* (Gomes et al., 2006a; Silva et al., 2007); pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Abimorad et al., 2009); piabanha, *Brycon insignis* (Tolussi et al., 2010); dourado, *Salminus brasiliensis* (Braun et al., 2010); and pirarucu, *Arapaima gigas* (Gomes et al., 2006b; Menezes et al., 2006; Núñez et al., 2011).

The potential success of a species is based on market analysis, growth performance and on the availability of juveniles. Pirarucu is an exclusively

air breathing fish native from the Amazon Basin. This species is considered to be one of the largest freshwater scale fishes in the world, as well as one of the species with the greatest potential for being cultivated in the Amazon (Roubach et al., 2003). According to Saint-Paul (1986), pirarucu reaches up to 200 kg in weight and up to 3 m in length, and is capable of living longer than 50 years. However, previous studies have not lead to economically feasible culture because of limitations with hatchery production (Ono et al., 2003). Pirarucu has the fastest growth among Amazonian cultivated fishes, growing at 27–41 g/day and reaching 10–15 kg/year (Bard and Imbiriba, 1986; Imbiriba, 2001; Núñez, 2009; Pereira-Filho et al., 2003; Rebaza et al., 2010). Although pirarucu is an essentially carnivorous species, the replacement of natural diets for prepared dry feed has produced satisfactory results (Crescêncio, 2001; Ono et al., 2004).

In a context of overfishing, hence reduced natural populations, aquaculture of a fish with such interesting characteristics (large size, high growth rate, no intramuscular spines) is an important issue (Alcantara, 1991). Furthermore, the development of farming production would

\* Corresponding author. Tel.: +55 85 3366 9722; fax: +55 85 3366 9420.  
E-mail address: [hiran1968@hotmail.com](mailto:hiran1968@hotmail.com) (F.H.F. Costa).



ORIGINAL RESEARCH

Open Access

# Differential induction of HSP-70 expression in response to IHHNV in white shrimp *Litopenaeus vannamei* naturally co-infected with IHHNV and IMNV

Patrícia Raquel Nogueira Vieira-Girão<sup>1</sup>, Ítalo Régis Castelo Branco Rocha<sup>2</sup>, Francisco Hiran Farias Costa<sup>2</sup> and Gandhi Rádís-Baptista<sup>1,3\*</sup>

\* Correspondence: gandhi.radis@ufc.br

<sup>1</sup>Institute of Marine Sciences, Federal University of Ceará, Fortaleza, CE 60165-081, Brazil

<sup>3</sup>Laboratory of Biochemistry and Biotechnology, Institute of Marine Sciences, Federal University of Ceará, Av. Abolição 3207, Fortaleza, CE 60185-060, Brazil

Full list of author information is available at the end of the article

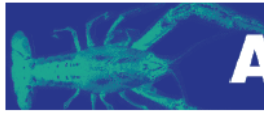
## Abstract

Brazil is becoming one of the main global producers of the shrimp *Litopenaeus vannamei*. Worldwide outbreaks of viral disease place this aquaculture industry at risk, causing episodic economical loss. The primary viruses for *L. vannamei*, particularly in northeastern Brazil, are the infectious hypodermal and hematopoietic necrosis virus (IHHNV) and the infectious myonecrosis virus (IMNV). After a period of unusual rainfall, we detected that farmed shrimp developing IMN or IHHN disease were co-infected with both viruses, and the disease outcome resulted from reciprocal IHHNV and IMNV proliferation. To comprehend how the key molecules of innate immunity respond to this double infection, the levels of HSP-70, crustin, penaeidin-3a, and C-type lectin-br1 were assessed by quantitative PCR. HSP-70 expression was expressively up-regulated by IHHNV infection in the gills of double-infected shrimp but not by IMNV infection; the other transcripts were not significantly altered. These findings implicate the HSP-70 as a differential modulator of viral co-infection in shrimp.

**Keywords:** Shrimp virus, IHHNV, IMNV, Natural co-infection, qPCR, Innate immunity gene

## Background

Penaeid shrimp aquaculture is a crescent global industry that is valued in billions of US dollars but is affected episodically by bacterial and viral diseases that cause significant economical losses (Lightner and Redman 1998; Lightner 2003; Flegel 2006). In Brazil, two viruses are the primary causative agents of epizootic diseases of *Litopenaeus vannamei* farmed in the northeast of Brazil: infectious hypodermal and hematopoietic necrosis virus (IHHNV) and infectious myonecrosis virus (IMNV). IHHNV is a single-stranded DNA virus that, upon infection, causes symptoms such as shrimp deformities and growth retardation (Lightner et al. 1983). In contrast, IMNV is a non-enveloped, double-stranded RNA virus that causes severe muscle degeneration and high rates of mortality in affected shrimp (Lightner et al. 2004). In previous work, we reported the occurrence of the natural co-infection of *L. vannamei* (the Pacific whiteleg shrimp) with IHHNV and IMNV in Brazil (Teixeira-Lopes et al. 2011). In that report, we



## Effects of salinity on the growth, survival, haematological parameters and osmoregulation of tambaqui *Colossoma macropomum* juveniles

Luana Siqueira Fiúza<sup>1</sup>, Natália Moraes Aragão<sup>1</sup>, Hermano Pinto Ribeiro Junior<sup>1</sup>, Manuella Gazzineo de Moraes<sup>1</sup>, Ítalo Régis Castelo Branco Rocha<sup>2</sup>, Antônio Diogo Lustosa Neto<sup>1</sup>, Rommel Rocha de Sousa<sup>1</sup>, Raul Mário Malvino Madrid<sup>3</sup>, Elenise Gonçalves de Oliveira<sup>1</sup> & Francisco Hiran Farias Costa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Fishing Engineering, Campus do Pici, Federal University of Ceará, Fortaleza, Brazil

<sup>2</sup>Federal Institute of Education, Science and Technology of Ceará, Fortaleza, Brazil

<sup>3</sup>Institute of Marine Sciences, Federal University of Ceará, Fortaleza, Brazil

**Correspondence:** F H F Costa, Department of Fishing Engineering, Campus do Pici, Federal University of Ceará, Fortaleza – CE, Brazil. E-mail: hiran1968@hotmail.com

### Abstract

The effect of salinity on survival, growth, haematological parameters and osmoregulation was evaluated in tambaqui. This study addressed two questions. Firstly, tambaqui ( $33.9 \pm 3.4$  g) reared in freshwater were subjected to gradual increases in salinity until 100% mortality. Two daily increments of salinity were tested with three replicates: 1 and 2 g L<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>, while control group was kept in freshwater. For 1 g L<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>, the first mortality appeared from a salinity of 11 g L<sup>-1</sup> and the last dead fish was observed at a salinity of 20 g L<sup>-1</sup>, whereas for 2 g L<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>, the mortalities occurred only between 20 and 22 g L<sup>-1</sup>. The main sub-lethal effects observed were food intake stopped, erratic swimming behaviour, increased mucus production and the dark pattern of pigmentation that appeared at 13 and 16 g L<sup>-1</sup> for both treatments. Secondly, juveniles ( $57.4 \pm 6.3$  g) were reared at 0, 5, 10 and 15 g L<sup>-1</sup>, in triplicate, for 84 days. At the end of the experiment, the results indicated that the survival, growth, haematological parameters and osmoregulatory of fish were significantly affected by salinity. Survival was unaffected by 10 g L<sup>-1</sup>, whereas higher salinity (15 g L<sup>-1</sup>) had a detrimental effect. Differences in final weight, specific growth rates (SGR) and mean daily feed intake (MDFI) among treatments were significant. There were no significant trends in feed conversion rate (FCR) at salinities of 0, 5 and 10 ppt. In these salinities, FCR ranged between

$1.2 \pm 0.1$  and  $1.3 \pm 0.1$ , whereas FCR at salinity of 15 g L<sup>-1</sup> increased to  $5.8 \pm 4.4$ . At the end of the experiments, analysis of blood revealed that all haematological parameters were affected by increase in salinity. From the present investigation, it can be concluded that exposure to salinity significantly affects the survival, growth and physiological response of tambaqui.

**Keywords:** tambaqui, salinity, growth, survival, osmolality

### Introduction

In the last few years, the Brazilian aquaculture industry has attempted to select new species of fish to diversify its production (Núñez, Chu-Koo, Berland, Arévalo, Ribeyro, Duponchelle & Renno 2011; Oliveira, Pinheiro, Oliveira, Silva-Júnior, Moraes, Rocha, Sousa & Costa 2012; Silva, Parodi, Reckziegel, Garcia, Bürger, Baldisserotto, Malmann, Pereira & Heinzmann 2012). In this context, the viability of aquaculture for some fish species, such as the tambaqui, *Colossoma macropomum*, has been studied (Gomes, Chagas, Martins-Junior, Roubach, Ono & Lourenço 2006; Silva, Gomes & Brandão 2007). Tambaqui, a native fish species of the Amazon basin, is member of the family Serrasalminidae that includes 80 species and 15 genera, and its distribution is restricted to neotropical areas in the main rivers of South America (Ortí, Sivasundar,





## Low Salinity Facilitates the Replication of Infectious Myonecrosis Virus and Viral Co-Infection in the Shrimp *Litopenaeus Vannamei*

Patricia R. N. Vieira-Girão<sup>1</sup>, Ítalo R. C. B. Rocha<sup>2,3</sup>, Manuella G. de Moraes<sup>2</sup>, Perla R. N. Vieira<sup>1</sup>, Hudson M. R. Lucena<sup>4</sup>, Francisco Hiran F. Costa<sup>2</sup>, Gandhi Rádís-Baptista<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Laboratory of Biochemistry and Biotechnology, Institute for Marine Sciences, Federal University of Ceará, Fortaleza, Ceará, Brazil

<sup>2</sup>Department of Fish Engineering, Federal University of Ceará, Fortaleza, Ceará, Brazil

<sup>3</sup>Compescal Fishery Company Ltd., Aracati, Ceará, Brazil

<sup>4</sup>Federal Institute for Education, Science and Technology, Ceará, Brazil

### Abstract

The white leg shrimp *Litopenaeus vannamei* has been converted commercially into the most predominant cultivated shrimp species in the world. However, such shrimp's intensive farming worldwide propitiates outbreaks of epizootic diseases, primarily of viral etiology. In the principal Brazilian region of shrimp production, it is known that a reduction in the salinities of culture ponds causes the appearance of viral diseases. In the present work, we investigate the replication of the infectious myonecrosis virus (IMNV) in controlled levels of salinity during the first 12 hours of infection. Using quantitative real-time PCR and statistical analysis, we verify that low salinity positively facilitates IMNV replication and proliferation by decreasing the generation time from 57.4 min (at 35 g L<sup>-1</sup>, optimum salinity) to 25.2 min at (5 g L<sup>-1</sup>, stressing concentration). Similarly, a positive relationship was demonstrated between a decrease in salinity and the reduction in the generation time of persistent infectious hypodermal and hematopoietic necrosis virus, a virus that usually co-infects shrimp in farm ponds.

**Keywords:** *L. Vannamei*; Shrimp virus; IMNV; Qpcr; Epizootic agent; Viral replication; Generation time

### Introduction

The white leg shrimp *Litopenaeus vannamei* is naturally found along the Pacific coast from the Gulf of California to the north littoral of Peru [1]. Due to the rearing performance in shrimp farming, *L. vannamei* has been converted into the most predominant cultivated shrimp species in the world, reaching approximately 2.7 million cubic tons and over 10 billion dollars in sales in the year of 2010 [2]. The characteristics that make this species of shrimp adequate for commercial production, particularly in the Americas, include fast growth, low nutritional requirements, resistance to environmental stress, and a certain osmoregulatory capability for adaptation to a wide range of salinity (from 1 to 50 g L<sup>-1</sup>) [3]. The intensive rearing techniques required for efficient and cost-effective shrimp farming unintentionally propitiate the outbreaks of epizootic diseases, and severe microbial infection is consequently a recurrent threat in the shrimp industry. Some of the most serious causative infectious agents in shrimp aquaculture are viruses. The northeastern part of Brazil is the most productive region with a total of 18,500 hectares of shrimp farms that account for approximately 70,000 tons of shrimp, which corresponds to 97% of the national production [4,5]. In this region, two main types of viruses are of great concern: the infectious myonecrosis virus (IMNV) and the infectious their genome organization, the phylogeny of their macromolecular components, the structural characteristics of their capsids and the physical-chemical properties of the viral particles, the first is classified as a member of the Totiviridae family [6,7], and the latter belongs to the Parvoviridae family [8]. As a virus of the Totiviridae family, IMNV is double-stranded RNA virus deprived of an envelope with an isometric capsomer and a genome size of 7560 base pairs encoding two non-overlapping open reading frames (ORFs), which comprise a predicted RNA-binding protein and a capsid protein [7]. In contrast, IHNV is a non-enveloped, symmetric icosahedral parvovirus with a single-stranded linear DNA genome composed of 3909 nucleotides and three superposed ORFs [8,9]. When infecting penaeid shrimps, IMNV causes high mortality rates by acutely destroying (via necrosis) the

skeletal muscle of distal segments and the tail fan. In contrast, IHNV causes chronic deformity syndrome and reduced growth and culture performance [10]. In both cases, environmental factors, such as salinity and temperature, appear to trigger viral outbreaks in shrimp culture.

In a previous survey, after an unusual period of rainfall resulting in high mortality and significant economic losses in local shrimp production, we used molecular procedure analysis to find that a high number of samples from extensively farmed *L. vannamei* developing IHNV or IMN disease were co-infected with both (IHNV and IMNV) viral agents [11]. In addition, we have shown that the disease symptoms and outcomes found for the co-infected shrimps resulted from reciprocal viral replication, i.e., the proliferation of one type of virus impairs the multiplication of the other. In the same study, we observed that IHNV appeared to modulate the expression of heat shock protein 70 (HSP70) in IHNV/IMNV double-infected shrimp.

In aquatic organisms, particularly shrimps, the oscillation provoked by physical (e.g., temperature), chemical (pesticides, pH and salinity) and biological (epibionts, epizootics, enzootics, etc.) insults, which are part of the equivocal strategies of farming management, may independently or cooperatively work to cause outbreaks of severe infections and mortality [12-16]. Moreover, a direct relation between environmental stress, immunity imbalance and development of bacterial and viral infection and disease has been observed at molecular and organism level in shrimp [17,18].

\*Corresponding author: Radis-Baptista G, Laboratory of Biochemistry and Biotechnology, Institute for Marine Sciences, Federal University of Ceará, Fortaleza, Ceará, Brazil, Tel: 002-055-228-3683; E-mail: [gandhi.radis@ufc.br](mailto:gandhi.radis@ufc.br)


Received November 19, 2014; Accepted December 10, 2014; Published January 12, 2015

Citation: Vieira-Girão PRN, Rocha IRCB, Moraes MG, Vieira PRN, Lucena HMR, et al. (2014) Low Salinity Facilitates the Replication of Infectious Myonecrosis Virus and Viral Co-Infection in the Shrimp *Litopenaeus Vannamei*. J Aquac Res Development 6: 302. doi:10.4172/2155-9546.1000302

Copyright: © 2015 Vieira-Girão PRN, et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



## Antiviral Activity of Ctn[15-34], A Cathelicidin-Derived Eicosapeptide, Against Infectious Myonecrosis Virus in *Litopenaeus vannamei* Primary Hemocyte Cultures

P. R. N. Vieira-Girão<sup>1,2</sup>  · C. B. Falcão<sup>1,3</sup> · I. R. C. B. Rocha<sup>4</sup> · H. M. R. Lucena<sup>4</sup> · F. H. F. Costa<sup>5</sup> · G. Rádis-Baptista<sup>1</sup>

Received: 23 October 2016 / Accepted: 6 February 2017  
© Springer Science+Business Media New York 2017

**Abstract** The shrimp farming has been converted into a mature aquaculture industry dealing with over millions of metric tonnes of processed commodities. Nevertheless, the global shrimp productions are constantly threatened by disease outbreaks, mainly triggered by rapidly disseminating viruses. Infectious myonecrosis virus (IMNV) is one of these epizootic agents affecting shrimp production in Brazil, of which no treatment exists. Herein, the antiviral activity against IMNV of an eicosapeptide, named Ctn[15-34], derived from a member of the cathelicidin family of antimicrobial peptides, was demonstrated. Cultures of hemocytes from *Litopenaeus vannamei* were established that support IMNV replication and infectivity titration. The cytotoxic effect of IMNV in culture and the in vitro anti-IMNV activity of Ctn[15-34] were assessed using a high-sensitive fluorescent-based method in combination with quantitative PCR. The Ctn[15-34] (<12.5 μM) neutralized the toxic effects of IMNV at loads sufficient to kill 50% of shrimp hemocytes. This study reported for the first time the

replication of IMNV in vitro and the employment of a straightforward methodology to assess cell viability and viral/antiviral activities. In addition, it provided the basis for the development of the anti-infective multi-effector Ctn[15-34] eicosapeptide and analogs as components of antiviral formulations against shrimp viral diseases.

**Keywords** *L. vannamei* aquaculture · IMN virus · Anti-infective peptide · Cathelicidin-derived eicosapeptide · Fluorescence cell viability/cytotoxicity assay · Hemocyte in vitro culture

### Introduction

The shrimp farming has spread out to meet the increasing human food demand and to be converted in a mature and profitable industry. However, this industrial aquaculture sector has constantly suffered from diseases outbreaks, placing the global shrimp farming and trading at risk (Stentiford et al. 2012). The most important shrimp diseases are caused by viruses mainly because of rapid dissemination and the significant economic losses (Lightner et al. 2012; Stentiford et al. 2012). An important viral disease to Americas that is prevalent in the northeast of Brazil is caused by the infectious myonecrosis virus (IMNV). This type of virus belongs to the Totividae family, as first identified at Brazilian farms in 2002 and later at Indonesia farms (Flegel 2012; Tang et al. 2005). It is a non-enveloped, double-stranded RNA virus, with an isometric capsomer (~40 nm) and a genome size of 7560 base pairs encoding two overlapping open reading frames (ORFs), ORF1 and ORF2, which comprise the predicted structural proteins and the RNA-dependent RNA polymerase (RdRp),

✉ G. Rádis-Baptista  
gandhi.radis@ufc.br

<sup>1</sup> Laboratory of Biochemistry and Biotechnology, Institute for Marine Sciences, Federal University of Ceará, Av. da Abolição 3207, Fortaleza, CE 60165-081, Brazil

<sup>2</sup> Northeast Biotechnology Network (RENORBIO), Post-graduation program in Biotechnology, Federal University of Ceará, Fortaleza, CE 60455-900, Brazil

<sup>3</sup> Faculty of Pharmacy, Dentistry and Nursing, the Federal University of Ceará, Federal University of Ceará, Fortaleza, CE 60740-000, Brazil

<sup>4</sup> Federal Institute for Education, Science and Technology, Acaraú, CE 62580-000, Brazil

<sup>5</sup> Department of Fishery Engineering, Federal University of Ceará, Fortaleza, CE 60356-000, Brazil