

Pós Graduação em  
**AQUICULTURA**  
Universidade Federal do Rio Grande – FURG

**SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA COMO  
FERRAMENTA PARA DETERMINAÇÃO DE ÁREAS  
PARA O DESENVOLVIMENTO DA CARCINOCULTURA  
NO LITORAL SUL DO RIO GRANDE DO SUL**

**RODRIGO RANDOW DE FREITAS**

[rodrigorandow@ig.com.br](mailto:rodrigorandow@ig.com.br)

**Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura da Universidade Federal do Rio Grande, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor.**

**Orientador:** Prof. Dr. Luís Henrique da Silva Poersch  
**Co-Orientador:** Prof. Dr. Paulo Roberto Tagliani

Rio Grande,  
Dezembro, 2011.

## DEDICATÓRIA

Para a Cecília, por ser o melhor presente do mestrado e Murilo nesse doutorado. Também a minha esposa Karla, pela paciência, amor, dedicação, compreensão. Por ser a melhor companheira e mãe para nossos filhos que eu poderia desejar. Vocês três são a razão de meu viver!

## AGRADECIMENTOS

A **Deus**;

Aos meus pais e familiares;

Aos orientadores. **Paulo Tagliani** por ter acreditado no projeto a partir da banca do mestrado. **Luis Poersch** por ter acreditado em meu potencial, mesmo estando muitos quilômetros de distância e pela força nos momentos difíceis;

Aos amigos e amigas pela força na qualificação. A **Cintia, Bruno, Ricardo, Márcio, Antônio Sérgio, Charles e Ana**;

Aos queridos amigos, **André Braga e Vita Magalhães**. Nunca vou esquecer o que fizeram por mim. Sempre estarão em meu coração. Obrigado;

Ao amigo de mestrado e agora no doutorado **Claudio Loureiro**. Careca, a qualificação não foi fácil heim;

Aos professores **Carlos Hartmann e Carlos Roney Tagliani** pela paciência e projetos em comum;

Ao professor **Heinrich Hasenack** pela esplêndida receptividade no Laboratório de Geoprocessamento (Labgeo), UFRGS;

Ao professor **Wilson Wasielesky** (Mano) pelas palavras de encorajamento. Nunca poderei esquecer;

Ao colega **Luciano** pela ajuda na saída de campo;

Ao amigo **Anderson**, pela perícia na direção e boa vontade em todas saídas de campo;

À **Estação Marinha de Aquicultura** (EMA – FURG) e meus inúmeros colegas ali presentes;

E por fim sem deixar de mencionar que esse estudo foi financiado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT / CT-HIDRO - Fundo Setorial de Recursos Hídricos/ Ministério do Meio Ambiente - MMA / Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq.

**Muito Obrigado!**

## SUMÁRIO

RESUMO .....	6
ABSTRACT .....	11
INTRODUÇÃO GERAL .....	13
OBJETIVOS.....	15
<b>CAPÍTULO 1. AVALIAÇÃO DA ADEQUABILIDADE ESPACIAL DE FAZENDAS DE CAMARÃO NO EXTREMO SUL DO BRASIL .....</b>	<b>16</b>
RESUMO .....	17
ABSTRACT .....	17
1.1 INTRODUÇÃO.....	18
1.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	19
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	21
1.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	26
1.5 REFERÊNCIAS .....	27
<b>CAPÍTULO 2. GESTÃO DE AMBIENTES COSTEIROS: USO DE SIG COMO APOIO A DECISÃO NA IMPLANTAÇÃO DE FAZENDAS DE CAMARÕES MARINHOS, ILHA DA TOROTAMA, RS.....</b>	<b>30</b>
RESUMO .....	31
ABSTRACT .....	31
2.1 INTRODUÇÃO.....	32
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	33
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	37
2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	41
2.5 REFERÊNCIAS .....	41
<b>CAPÍTULO 3. USO DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NO PLANEJAMENTO DA CARCINOCULTURA MARINHA EM SÃO JOSÉ DO NORTE, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL. ....</b>	<b>45</b>
RESUMO .....	46
ABSTRACT .....	46
3.1 INTRODUÇÃO.....	47
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	47
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	95
3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	112
3.5 REFERÊNCIAS .....	62

<b>CAPÍTULO 4. USO DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NO PLANEJAMENTO DA CARCINOCULTURA MARINHA PARA O MUNICÍPIO DE RIO GRANDE, RS.....</b>	<b>123</b>
RESUMO .....	124
ABSTRACT .....	125
4.1 INTRODUÇÃO.....	69
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	127
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	137
4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	84
4.5 REFERÊNCIAS .....	156
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	165
REFERÊNCIAS GERAIS.....	170

## INDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

---

Figura 1. Área de estudo (1–7: Áreas das fazendas de camarão; RG: Município de Rio Grande City; SJN: Município de São José do Norte; RS: estado do Rio Grande do Sul). 6 – 7 RG e 1-5 SJN.....	19
Figura 2. Resposta espectral (ADAR) e modificação da marisma (Google Earth) na área da fazenda número 5 (São José do Norte).....	21
Figura 3. Área de estudo. (A: Área de marisma em São José do Norte; B: Campos litorâneos também em São José do Norte).....	23
Figura 4AB. A: classificação do solo e suas condições de risco, tais como drenagem (d) erosão, (e), clima (c), o excesso de água (u) e as limitações do solo (s). Figura 4B: Reflorestamento = Pinus e Eucalyptus; Agricultura = cebola e arroz. Fonte: Tagliani (2003).....	24

### CAPÍTULO 2

---

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.....	34
Figura 2. Imagens da área de estudo na Ilha de Torotama – Rio Grande, RS.....	34
Figura 3. Classes de uso atual do solo.....	35
Figura 4. Áreas com restrição de uso.....	36
Figura 5. Estradas vicinais na área de estudo – sem pavimentação.....	38
Figura 6. Classes de solo na área de estudo (Cunha et al, 1996).....	39
Figura 7. Classes de capacidade de uso agrícola (Cunha et al. 1996).....	40
Figura 8. Classes de atratividade para localização de projetos de carcinocultura.....	40

### CAPÍTULO 3

---

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.....	49
Figura 2. Metodologia para análise de áreas aptas para cultivo de camarões marinhos no presente estudo (Adaptado de Rajitha et al. 2007).....	50
Figura 3. Mapa de vegetação, uso e ocupação do solo.....	53
Figura 4. Mapa temático de zonas de exclusão legal e ambiental (Buffers).....	54
Figura 5. Mapa temático de exclusão quanto ao tipo de solo.....	56

Figura 6. Mapa temático representando as classes de capacidade de uso do solo local.	57
Figura 7. Mapa temático representando a escala de atratividade para o critério distância da captação de água (Lagoa dos Patos e Oceano Atlântico).....	58
Figura 8. Mapa temático representando a escala de atratividade para o critério distância de vias públicas.....	59
Figura 9. Mapa de atratividade final - cultivo de camarões marinhos em viveiros (SJM).....	61

#### **CAPÍTULO 4**

---

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo (RG: município de Rio Grande).....	70
Figura 2. Metodologia para análise de áreas aptas para cultivo de camarões marinhos no presente estudo (Adaptado de Rajitha et al. 2007).....	71
Figura 3. Mapa de vegetação, uso e ocupação do solo.....	74
Figura 4. Vista geral de alguns dos diferentes ambientes encontrados no município de Rio Grande, RS. (A: Campos Litorâneos, B: Áreas alagáveis ou sujeitas a alagamento sazonal).....	75
Figura 5. Mapa temático das zonas de exclusão legal e ambiental (Buffers).....	76
Figura 6. Mapa representando a distância da Lagoa dos Patos e Oceano Atlântico para as áreas apontadas com certo grau de potencial para cultivo.....	78
Figura 7. Mapas temáticos representando a escala de atratividade para cada critério analisado (A: Distância das vias públicas sem a praia; B: Distância das vias públicas somando-se a praia).....	80
Figura 8. Mapas temáticos representando a escala de atratividade para cada critério analisado. (A: Classes de solo; B: Tipos de solos).....	81
Figura 9. Mapa de atratividade final requerido para a atividade de cultivo de camarões marinhos em viveiros em RG.....	82

#### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

---

Figura 1. Mapa de atratividade final requerido para a atividade de cultivo de camarões nos municípios de RG e SJM.....	91
--	----

## **INDICE DE TABELAS**

### **CAPÍTULO 3**

---

Tabela 1. Referencial sobre a seleção dos critérios de atratividade e restrição adotada para cultivos de camarões marinhos em viveiros escavados na área de estudo..... 51

### **CAPÍTULO 4**

---

Tabela 1. Referencial sobre a seleção dos critérios de atratividade e restrição adotada para cultivos de camarões marinhos em viveiros escavados..... 72

Tabela 2. Referencial sobre os tipos de solos encontrados, nas áreas consideradas aptas para a atividade, na área de estudo.....82



## RESUMO

---

No estado do Rio Grande do Sul, assim como é observado em todo mundo, a atividade de cultivo de camarões marinhos está em expansão desde a introdução do camarão branco do pacífico *Litopenaeus vannamei*. Com o potencial para o crescimento produtivo, vem também um real aumento dos riscos de impactos ambientais e socioeconômicos, que podem afetar diretamente a sustentabilidade dos cultivos. Assim, visando alcançar um desenvolvimento da atividade através de um ordenamento costeiro integrado, orientado para a sustentabilidade socioeconômica, ambiental, espacial e cultural da região, estruturou-se em quatro capítulos a tese aqui apresentada. O primeiro teve como proposta identificar e caracterizar as áreas destinadas a cultivos de camarões marinhos localizadas na porção sul do estuário da lagoa dos Patos, empregando análises de sensoriamento remoto orbital (ETM+/Landsat, Google Earth), aéreo (35 mm/sistema ADAR 1000), terrestre (RICOH 500SE) e de saídas de campo, integrando os dados num Sistema de Informação Geográfica (IDRISI Andes). Nesse capítulo os resultados apontaram que os empreendimentos foram construídos sobre campos litorâneos ou em regiões de dunas obliteradas, regiões estas propícias para o cultivo. No segundo capítulo, que foi considerado um estudo piloto para os dois capítulos seguintes, foi proposto avaliar locais propícios destinados a instalação de fazendas de cultivo de camarões marinhos, na região da Ilha da Torotama, RS, considerando critérios de aptidão e restrição, integrando um modelo final de auxílio à tomada de decisão (SIG). A análise integrada dos critérios de aptidão e restrição ao empreendimento mostrou que o local escolhido para esta atividade apresenta aspectos positivos. Dentre eles, aponta-se a localização sobre campos litorâneos a proximidade de possíveis mercados consumidores e mão de obra local, via de acesso boa, rede elétrica disponível e apoio técnico local (Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Estação Marinha de Aquacultura - EMA). Quanto ao terceiro capítulo, ele teve com objetivo definir áreas propícias para o desenvolvimento da carcinocultura marinha em viveiros escavados, na região do baixo estuário da Laguna dos Patos (São José do Norte), sul do Brasil. Sendo que, como resultado as áreas consideradas mais atrativas perfizeram um total de 5.300 ha (16,84%), enquanto 14.600 ha (46,78%) possuíam condições consideradas boas para a atividade. Por último, o quarto capítulo, procurou selecionar áreas propícias para a carcinocultura marinha no município de Rio Grande. Como resultado desse estudo, de acordo com a escala de atratividade (prioridade entre 1 a 4), cerca de 2.100 ha. (24,01% da área considerada como apta) com características mais atrativas, isto é, com excelentes condições; cerca de 3.100 ha. (34,80%) com condições boas; cerca de 3.600

ha. (40,37%) na margem do recomendado para a atividade; e por último, uma pequena fração, cerca de 70 ha. (0,82%) como áreas aptas, mas não recomendadas. A partir das informações obtidas nos capítulos apresentados no presente trabalho de tese, foi possível demonstrar o potencial do uso da técnica do SIG para a seleção de áreas propícias para a carcinocultura marinha local e também que a partir do material científico aqui produzido, poderão ser criados instrumentos que auxiliarão na tomada de decisões legais de gestão inerentes a atividade.

*Palavras-chave:* Ordenamento costeiro, SIG, Carcinocultura.

## ABSTRACT

---

In the state of Rio Grande do Sul, as is observed worldwide, the activity of marine shrimp farming has been expanding since the introduction of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. With the potential for production growth, is also a real increase in risk of environmental and socioeconomic impacts, which can directly affect the sustainability of crops. So in order to achieve a development activity through an integrated coastal planning, sustainability-oriented socio-economic, environmental, and cultural space in the region is structured in four chapters the thesis presented here. The first was as a proposal to identify and characterize areas for farming of marine shrimp located in the southern portion of the estuary of Patos Lagoon, using analysis of orbital remote sensing (ETM + / Landsat, Google Earth), air (35 mm / system ADAR 1000 ), terrestrial (RICOH 500SE) and field trips, integrating data into a Geographic Information System (IDRISI Andes). In this chapter the results showed that the developments were built on fields or in areas of coastal dunes obliterated, these regions favorable for farming. In the second chapter, which was considered a pilot study for the next two chapters, it was proposed to evaluate potential sites for the installation of marine shrimp farms in the region of the Torotama island, RS, considering suitability criteria and restrictions, integrating a final model to aid decision making (GIS). The integrated analysis of the suitability criteria and restricting development showed that the chosen location for this activity has positive aspects. Among them, pointed out the location on fields near the coastal markets of potential consumers and local workforce, good access road, electricity and local technical support available (Federal University of Rio Grande - FURG, Aquaculture Marine Station - EMA). The third chapter, had in order to define areas suitable for the development of marine shrimp culture in the lower estuary of Patos Lagoon (São José do Norte), southern Brazil. Since, as a result the areas considered most attractive covered a total of 5,300 ha (16.84%), while 14,600 ha (46.78%) had considered good conditions for the activity. Finally, the fourth chapter, tried to select areas suitable for marine shrimp culture in Rio Grande County. As a result, according to the scale of attractiveness (priority 1 to 4), about 2,100 ha. (24.01% of the area considered suitable) that is more attractive, ie, with excellent conditions, about 3,100 ha. (34.80%) with good condition, 3,600 ha. (40.37%) in the margin of the recommended activity, and finally, a small fraction, about 70 ha. (0.82%) as suitable areas, but not recommended. This project aims to propose the selection of suitable areas for cultivation of marine shrimp nursery in southern Rio Grande do Sul, with a focus on integrated coastal management, sustainability-oriented socio-economic, environmental,

and cultural space in the region. From the information obtained in the chapters presented in this thesis it was demonstrated the potential use of GIS technique for selection of areas suitable for the local marine shrimp culture and also that from the scientific material produced here, will be developing tools that will assist in making legal decisions pertaining to management activity. Keywords: Coastal planning, GIS, Shrimp culture.

## INTRODUÇÃO GERAL

---

Na região Sul, por causa do clima mais subtropical, o cultivo de camarões marinhos esteve direcionado para espécies nativas. Entretanto, a carência de um pacote tecnológico adequado acabou impossibilitando a viabilidade econômica da produção destas espécies (Peixoto et al. 2005).

No estado do Rio Grande do Sul, a atividade de cultivo de camarões marinhos está em expansão desde a introdução do camarão *Litopenaeus vannamei* em meados de 2002. A primeira licença de produção de camarões marinhos foi requerida no ano de 1999 e emitida pelo órgão ambiental (FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental) três anos depois (Peixoto et al. 2005).

A demora se mostrou necessária para regulamentar a introdução, o futuro desenvolvimento da atividade e também para determinar sob quais condições seria permitido o cultivo da espécie.

Do ponto de vista econômico, as principais atividades desenvolvidas na região estuarina local estão relacionadas ao porto, à produção industrial, à agricultura e à pesca, tanto industrial como artesanal. No tocante a fazendas de cultivo de camarão marinho em viveiros escavados, quatro empreendimentos já estão em plena atividade e mais quatro em fase de aprovação junto ao órgão ambiental regional.

Assim, com o potencial para o crescimento produtivo da carcinocultura na região, um real aumento dos riscos de impactos ambientais e socioeconômicos pode afetar diretamente a sustentabilidade dos cultivos. Vários exemplos confirmam tal afirmação, já que problemas semelhantes foram relatados em países que observaram a atividade crescer exponencialmente e com consequente descontrole produtivo, legal e ambiental (FAO 1997, Poli et al. 2000, Pérez et al. 2002, Chen et al. 2005, Giap et al. 2005, Karthika et al. 2005, Beltrame et al. 2006, Primavera 2006).

Dentre os possíveis entraves legais e socioambientais vinculados à carcinocultura, têm sido observados problemas recorrentes a marginalização das populações tradicionais (exclusão do acesso ao recurso), poluição dos corpos d'água (salinização) e disputa com outras atividades produtivas como agricultura e pesca (Beltrame et al. 2006).

Assim, a utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) pode ser uma importante ferramenta para gerar subsídios adicionais para embasar o poder público e sociedade quanto ao planejamento, ordenamento e desenvolvimento duradouro da aquicultura em regiões costeiras (Congleton et al. 1999, Nath et al. 2000, Salam et al.

2003, Chen et al. 2005, Karthika et al. 2005, Diversos estudos corroboram com a afirmativa acima, por exemplo, Giap et al. (2005) relatam que seu estudo foi conduzido para selecionar áreas apropriadas para cultivos de camarão na província de Haiphong no Vietnam, utilizando Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Demonstrou-se que o modelo de avaliação foi extremamente útil na identificação de áreas propícias e para destinar um possível uso diferente da terra, gerando mais renda, conservação efetiva e um manejo produtivo mais sustentável. Estimou-se que cerca de 30% (2604 ha) do total da área disponível, em Haiphong, foi altamente apropriada para cultivo de camarões. Principalmente em se tratando que a área existente já utilizada para o cultivo era de apenas 1690 ha.

Sendo que, imagens de satélite, classificação de uso do solo e outras análises biológicas, geográficas, hidroquímicas e socioeconômicas poderão ajudar a selecionar as áreas em melhores condições para a implantação e futuro desenvolvimento da atividade, o que geraria menor impacto socioambiental, aumento de produtividade e preservação das áreas sensíveis a alterações ambientais (Kapetsky et al. 1988, Nath et al. 2000, Pérez et al. 2002, Beltrame et al. 2006, Freitas & Tagliani 2004, Giap et al. 2005). Claro que também é importante ressaltar que outras externalidades podem influenciar a viabilidade da atividade, onde mesmo em um cenário no qual um excelente diagnóstico prospectivo foi realizado, o(s) empreendimento(s) pode(m) não ser implementado(s) por falta de condições políticas ou econômicas, por exemplo.

Por fim, visando a construção dos produtos cartográficos, fatores de aptidão ou restritivos deverão ser incorporados à área de estudo (Mcleod et al. 2002). Sendo que os vários conflitos de uso dos recursos costeiros (agricultura, pesca) e as fontes pontuais e difusas de poluição são questões que deverão ter relevância restritiva (Tagliani, 2003; Freitas & Tagliani, 2004). Prevenir locais onde possíveis atividades poluidoras se desenvolvem é imprescindível.

## OBJETIVOS

---

Considerando a área de abrangência deste estudo, buscou-se responder se a metodologia proposta (SIG) para identificação de áreas propícias é adequada e quais seriam esses ambientes aptos para o desenvolvimento do cultivo de camarão marinho em viveiro escavado. Sendo os seguintes objetivos específicos estabelecidos:

- 1- Estabelecer diretrizes para o planejamento espacial da carcinocultura marinha no extremo sul do Brasil, do ponto de vista técnico-científico;
- 2- Elaborar mapas de prioridades/sustentabilidade para a atividade através do uso de SIG;
- 3- Identificar e caracterizar as áreas das fazendas de cultivo de camarão marinho, apoiado por técnicas e métodos de sensoriamento remoto orbital e aerotransportado e de saídas de campo (Capítulo 1);
- 4- Avaliar locais propícios destinados à instalação de fazendas de cultivo de camarões marinhos, na região da Ilha da Torotama, RS, através da consideração de critérios de aptidão e restrição, integrando um modelo final de auxílio à tomada de decisão (Capítulo 2);
- 5- Definir áreas propícias para a carcinocultura marinha em viveiros escavados, na região localizada no entorno do baixo estuário da Laguna dos Patos, sul do Brasil (Capítulo 3 e 4).

**AVALIAÇÃO DA ADEQUABILIDADE ESPACIAL DE  
FAZENDAS DE CAMARÃO NO EXTREMO SUL DO  
BRASIL**

*EVALUATION OF SPACE ADEQUATENESS OF SHRIMP  
FARMS IN SOUTHERN BRAZIL*

---

<sup>1</sup>Artigo publicado na revista Anais da Academia Brasileira de Ciências(2011) 83(3):1-8.



## RESUMO

---

No estado do Rio Grande do Sul existem quatro fazendas produtoras de camarões marinhos shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nos municípios de São José do Norte e Rio Grande, e outras quatro fazendas já possuem licença prévia. Assim, o presente estudo propôs identificar e caracterizar as áreas destinadas a cultivos de camarões marinhos localizadas na porção sul do estuário da lagoa dos Patos, empregando análises de sensoriamento remoto orbital (ETM+/Landsat, Google Earth), aéreo (35 mm/sistema ADAR 1000), terrestre (RICOH 500SE) e de saídas de campo, integrando os dados num Sistema de Informação Geográfica (IDRISI Andes). Resultados apontaram que os empreendimentos foram construídos sobre campos litorâneos ou em regiões de dunas obliteradas, regiões estas propícias para o cultivo. A proximidade dos possíveis mercados consumidores e mão de obra local, estradas de acesso relativamente boa e suporte técnico local também são a favor dos projetos. No entanto, deve haver cautela em termos de mudanças nos projetos originais, o que poderia causar impactos ambientais e descumprimento das normas ambientais, tais como a ocupação de áreas de marismas. A partir das informações obtidas, podem ser criados instrumentos que auxiliarão na tomada de decisões legais para gerenciar a atividade em futuros empreendimentos.

Palavras-chave: Gestão costeira; SIG; Lagoa dos Patos; Fazendas de camarão.

## ABSTRACT

---

In Rio Grande do Sul State, there are four marine shrimp (*Litopenaeus vannamei*) farms in the municipal districts of São José do Norte and Rio Grande, and other four with previous license for operation. Thus, the present study aimed to identify and characterize areas for marine shrimp farming located in the Southern portion of the Patos Lagoon estuary (32°00'S 52°00'W) by employing the analysis of satellite remote sensing (Landsat TM and ETM+ / Google Earth), airborne remote sensing (35 mm system ADAR 1000), terrestrial remote sensing (RICOH 500SE), and field expeditions, integrating data in a Geographical Information System (IDRISI Andes). As a result, the enterprises were built on coastal fields or in obliterated dune areas, which are favorable for cultivation. The proximity of possible consuming markets and local labor, relatively good access roads and local technical support also favor the projects. However, there must be caution in terms of changes in the original projects, which could cause

environmental impacts and noncompliance of environmental norms, such as the occupation of salt marsh areas. Based on the obtained information, instruments can be created to help inherent legal decision-making to manage the activity for futures enterprises.

Keywords: Costal management, GIS, Patos Lagoon, shrimp farms.

## INTRODUÇÃO

---

No estado do Rio Grande do Sul, Brasil, a atividade de cultivo do camarão marinho (*Litopenaeus vannamei*) está em expansão desde o início de 2000. Atualmente, três fazendas produtoras estão localizadas nos municípios de São José do Norte e uma em Rio Grande; cinco outras fazendas aguardam autorização do órgão ambiental para serem instaladas em Torres, São José do Norte and Rio Grande.

Com o desenvolvimento da nova atividade, um aumento dos riscos de impactos ambientais e socioeconômicos pode surgir, tornando os cultivos insustentáveis. Isto é confirmado por vários exemplos de dificuldades relatadas em países que testemunharam um crescimento exponencial da atividade, com conseqüente descontrole produtivo, legal e ambiental (FAO 1998, Poli et al. 2000, Pérez et al. 2002, Chen et al. 2005, Giap et al. 2005, Karthika et al. 2005, Primavera 2006).

Por esse motivo, o desenvolvimento de atividades como essa requer inicialmente um adequado planejamento espacial, de forma a adequar sua localização às características ambientais e socioeconômicas da região. Nesse contexto, as informações obtidas por sensoriamento remoto em diferentes níveis e os dados gerados a partir de ferramentas de geoprocessamento, juntamente com classificação de uso do solo e dados biológicos, geográficos, hidroquímicos e socioeconômicos, são úteis para atingir esse objetivo, assegurando aumento de produtividade e preservação das áreas que são sensíveis a alterações ambientais (Kapetsky et al. 1988, Nath et al. 2000, Pérez et al. 2002, Freitas and Tagliani 2007, Giap 2005).

Assim, o presente estudo propõe identificar e caracterizar as áreas das fazendas de cultivo de camarão marinho, apoiado por técnicas e métodos de sensoriamento remoto orbital e aerotransportado, bem como saídas de campo. Com a integração de todas estas informações em um Sistema de Informação Geográfica, instrumentos de auxílio legal a tomada de decisão poderão ser criados para assegurar uma melhor gestão da atividade.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo abrangeu as fazendas de cultivo de camarão marinho localizadas nos municípios de Rio Grande e São José do Norte, parte sul do estuário da Lagoa dos Patos (32°00'S e 52°00'W). Esse estuário compreende uma área de aproximadamente 10.144 km<sup>2</sup>, estendendo-se na direção nordeste-sudoeste, paralelamente ao Oceano Atlântico e caracterizado por possuir grande importância econômica e ecológica (Figura 1).

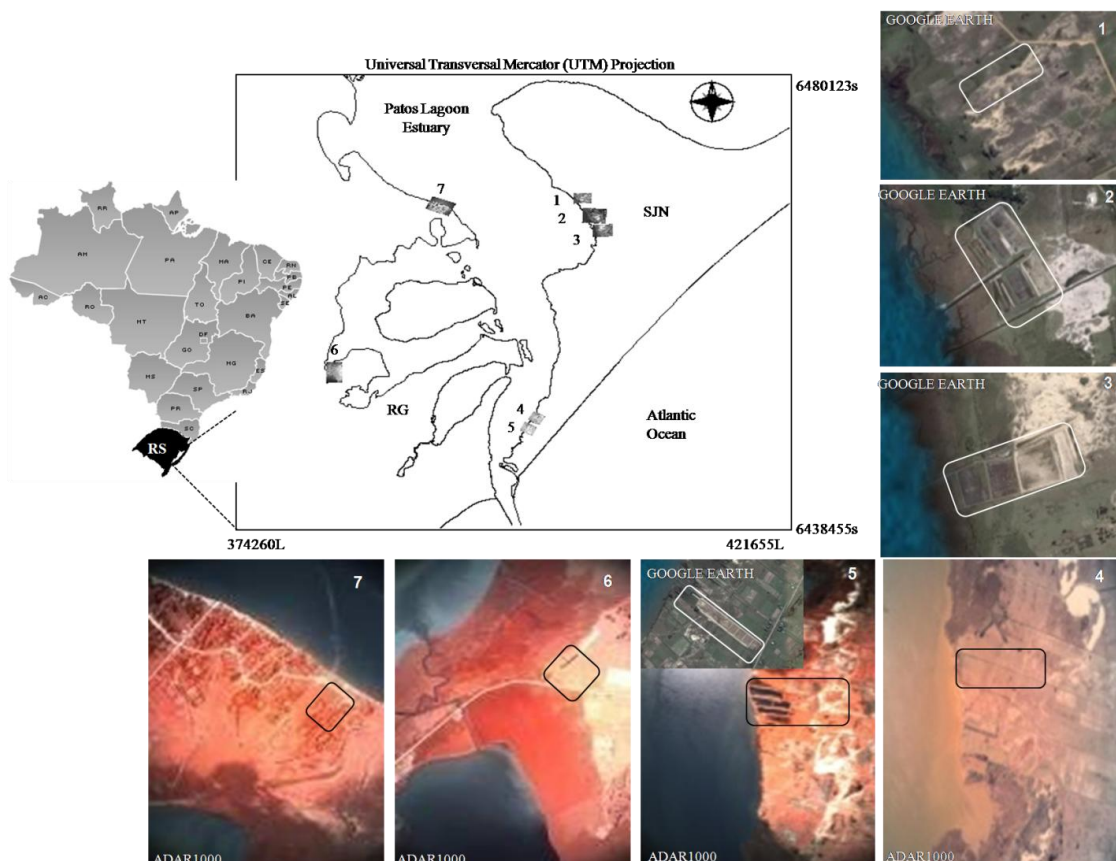


Figura 1. Área de estudo (1–7: Áreas das fazendas de camarão; RG: Município de Rio Grande City; SJN: Município de São José do Norte; RS: estado do Rio Grande do Sul).

6 – 7 RG e 1-5 SJN

O presente estudo iniciou-se com a identificação e localização das fazendas licenciadas e em operação, usando imagens disponíveis (ADAR 1000, Landsat TM e ETM+ e Google Earth). Em seguida, as imagens foram sobrepostas em camadas, a fim de caracterizar o estágio, forma de ocupação e uso do solo, pelos empreendimentos aquícolas, atuais e futuros. Com as análises e interpretações das imagens, foi possível o mapeamento e levantamento das áreas ocupadas com a atividade de carcinocultura no estuário da Lagoa dos Patos.

Utilizando-se do sistema ADAR (Airborne Data Acquisition and Registration System 1000), imagens aéreas digitais (35mm), que foram obtidas entre 2000 e 2003, o sistema permitiu a captura de fotografias aéreas coloridas, na faixa do visível e do infravermelho (Fontoura & Hartmann 2001). A altura de vôo foi de 1100m, com resolução de 0,5mpp (metros por pixel), cobrindo cada foto do terreno área de 1500x1000m. No Software ERDAS, as imagens tiveram suas bandas ajustadas, para R1/G2/B3, o que tornaram as imagens com composição colorida normal. Nesse mesmo software, foi obtida a resposta espectral dos alvos de forma contínua, valendo-se de um perfil transversal na área de estudo.

Pela falta de imagens que representassem a região onde as fazendas 1, 2 e 3 se localizavam, utilizou-se imagens disponíveis no Google Earth®. Além da localização de onde os empreendimentos foram ou serão construídos, o estudo também verificou a adequação espacial dos empreendimentos existentes e os em fase de planejamento, face à legislação vigente.

Quanto às imagens, in loco dos empreendimentos, elas foram capturadas com uma câmara com GPS (Ricoh 500SE). O método forneceu dados de posicionamento precisos, em tempo real (WGS84 ou MGRS), derivados do módulo de GPS integrado a câmara. Assim que a imagem foi registrada, esses dados foram embutidos no cabeçalho do arquivo da imagem. Em todas as áreas com fazendas em operação e destinadas a futuros empreendimentos, foram obtidas tais fotos georreferenciadas para posterior detalhamento da área.

Mapas temáticos oriundos Laboratório de Oceanografia Geológica da FURG (escala de 1:100.000, com resolução equivalente a 30m) separados em camadas individuais, tais como, tipos de solos, vegetação, corpos hídricos, vias públicas, declividade, topografia e capacidade de uso, foram submetidos a rotinas específicas de geoprocessamento no SIG Idrisi Andes (ver.15.01) e integrados a um modelo de caracterização/identificação, construído para esse estudo, como descrito abaixo.

Os mapas temáticos foram avaliados usando análises de proximidade (zonas buffer) para definir, por exemplo, as melhores distâncias para as áreas de proteção ambiental, vias públicas e corpos d'água. No presente estudo, diferentes distâncias foram adotadas baseadas na legislação atual, para cada variável considerada (15m para estradas públicas, 30m para áreas de proteção ambiental e 100m para corpos d'água, dependendo de sua extensão).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A utilização de fotografias aéreas tem permitido monitorar e mapear áreas que requerem uma maior atenção quanto à gestão dos recursos naturais (Meyer et al. 1997). As técnicas de levantamento aéreo no estudo proporcionam um nível de detalhamento que possibilitou a visualização da paisagem segundo sua estrutura e padrões de distribuição espaço-temporal (Civco et al. 1986, Ustin et al. 1986). O uso dessa ferramenta justifica-se por permitir a geração de uma informação digital de baixo custo e que pode ser facilmente incorporada ao banco de dados do SIG.

Assim, além do uso de imagens do sistema ADAR 1000 para identificar as áreas de cultivo, a resposta espectral dos alvos foi obtida para criar um esboço do perfil transversal da área, usando o programa ERDAS. O sistema ADAR 1000 foi gravado com resolução espectral de  $0.1\mu\text{m}$  ou  $100\mu\text{m}$ . As imagens das fazendas 6 e 7 foram obtidas no modo infravermelho (IV) e as fazendas 4 e 5 em modo do visível (MV).

O modo IV é um método ideal para mapeamento de vegetação e alagados. Da mesma forma, áreas com lagos e marismas são destacadas devido à alta absorção pela água na faixa espectral IV. Por exemplo, a vegetação natural (biomassa viva) aparece com uma coloração rosa e, dependendo da cobertura do dossel, com uma cor vermelha brilhante. Esta informação é confirmada pelos níveis obtidos (Figura 2).

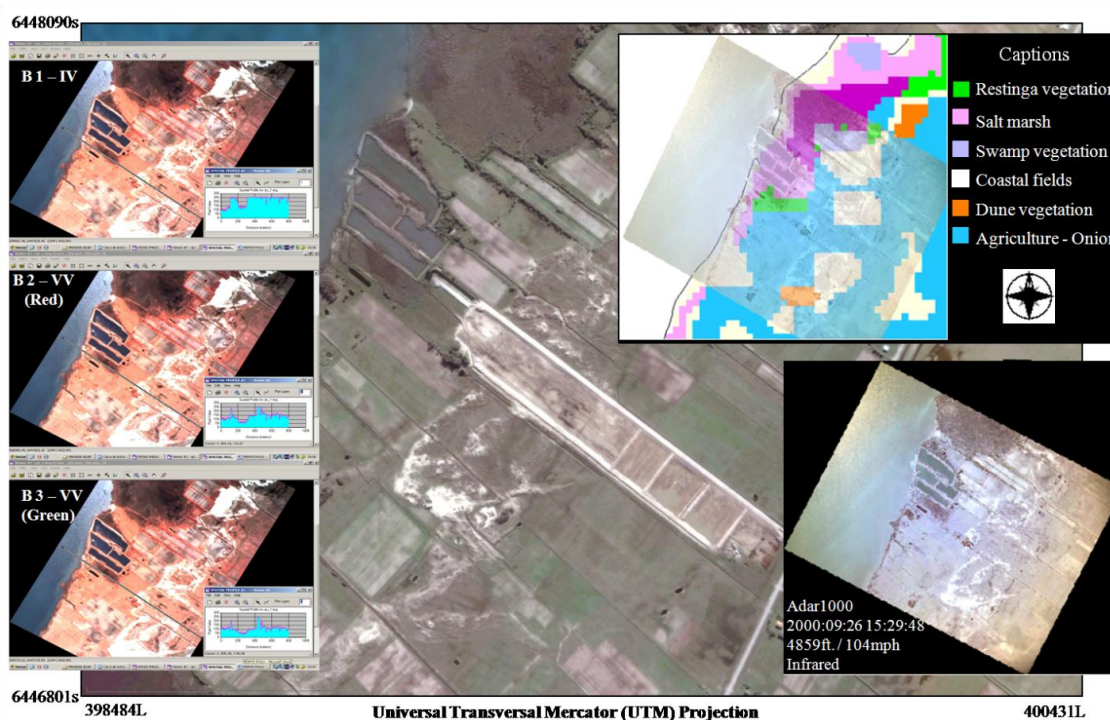


Figura 2. Resposta espectral (ADAR) e modificação da marisma (Google Earth) na área da fazenda número 5 (São José do Norte).

Além disso, como mostrado na figura 2, à faixa espectral do infravermelho próximo (0,7-0,8 mm) é representado pela banda 1. Nota-se que o gráfico é regular, mostrando claramente diferentes unidades, incluindo água e marisma. Os níveis de cinza (números digitais - ND) da água (Lagoa dos Patos), foram cerca de 100 DN; marismas e zonas úmidas foram cerca de 150 DN, e aqueles em áreas com grama (pastagem) e solo exposto (dunas de areia) foram cerca de 250 DN.

Baseado na identificação das áreas das fazendas constatou-se que a maioria foi construída em ambientes de dunas obliteradas (dunas extintas pela ação do vento) que com a ação do tempo, transformaram-se progressivamente em campos litorâneos. Tais ambientes são considerados ideais para a construção de viveiros de cultivo (Peixoto et. al. 2005) (Figura 3b) e são caracterizados por vegetação rasteira, de pequeno porte, com baixo nível de cobertura do solo, e que são utilizados de forma extensiva, com predomínio da pecuária e agricultura da cebola (Tagliani 2003).

Na área próxima a fazenda 5, a destruição de parte da área de marisma foi observado durante o estudo. Habitat esse que é legalmente protegido e que desempenha importantes funções ecológicas e econômicas, tais como proteção estrutural da costa contra erosão, regulação hidrológica, oferta de habitat para biota. (Seeliger & Costa 1997, Tagliani 2003). A área foi alterada na década de 90 por ação de um pequeno empreendimento que não detinha respaldo legal e técnica apropriada, que resultou na interdição das atividades depois de três anos produzindo. Posteriormente, parte da área foi adquirida por outro produtor de camarão, que estruturou seu cultivo de acordo com a legislação ambiental.

Em relação às fazendas 1, 2 e 3, observou-se que parte das atividades foram realizadas em áreas com acúmulo de areia. Essas áreas consistiam em campos litorâneos ou dunas que foram alteradas, por ação do tempo ou através da criação de gado e agricultura, muito antes da construção das fazendas (Figura 3).

Seeliger & Costa (1997) relatam que áreas marginais da Lagoa dos Patos (marismas, banhados e dunas) têm sido ocupadas por intensa pastagem de bovinos e equinos desde a colonização européia no estado do Rio Grande do Sul. A pequena amplitude de maré, suave declividade e baixa ocorrência de canais de maré facilitariam o pastoreio e alteração ambiental, observando-se diferenças visíveis entre áreas utilizadas para pastagens e áreas com outros usos. Seeliger e Costa (1997) constaram um decréscimo de 11% da área alagável, da porção inferior do estuário nos últimos 2 séculos.





Figura 3. Área de estudo. (A: Área de marisma em São José do Norte; B: Campos litorâneos também em São José do Norte)

Quanto à atual proximidade das fazendas 2 e 3 em áreas de banhado e marisma, pode ser explicada devido ao não acesso de animais, enriquecimento do solo por nutrientes (P e N) provenientes do cultivo (ração e excretas) e por fim, pelo aumento da umidade do solo, devido à construção de canais e viveiros. Dessa forma, a área permaneceu “íntacta”, com um restabelecimento da fisiografia do habitat e diversidade vegetal.

Para a classificação do solo no estudo, utilizou-se um sistema desenvolvido pelo Departamento de Agricultura dos EUA (Sombroek 1969), porque este sistema é universalmente conhecido e se adapta bem à região, e também por causa da temperatura e solo. Sendo assim, o solo e a temperatura são muito semelhantes às de muitas regiões dos Estados Unidos da América. Este sistema foi originalmente criado para mapeamento detalhado das áreas cultivadas, e especialmente para prevenir a erosão em grande escala.

A extrema importância do perigo de erosão, incluindo a inclinação do terreno, foi, por vezes, negligenciada, sendo apenas levada em consideração a possibilidade de melhorar as pastagens. Assim, Sombroek (1969) propôs uma adaptação à classe V, que, no Departamento de Agricultura dos EUA - Sistema de Serviço de Conservação do Solo (1975) se refere apenas à terra plana ou quase plana, e exclui outras limitações, tais como o perigo de erosão. Para este autor, o sistema modificado é essencial no estabelecimento de um plano para as culturas. A classificação é um critério básico para as terras de cultivo, pastagens ou produtividade florestal.

No tocante aos locais onde se encontram os empreendimentos aquícolas, constatou-se que todos se enquadram acima da classe V, confirmando que os locais foram escolhidos de maneira bastante satisfatória.

Tagliani (2003) considerando possíveis restrições na capacidade de uso da terra nos municípios de São José do Norte e Rio Grande avaliou as limitações inerentes às condições de risco, como por exemplo, drenagem (d), erosão (e), clima (c), excesso de água (u) e limitações de solo (s). Através dessa avaliação, os solos nas fazendas foram classificados, em sua maioria, como de baixa capacidade de drenagem e com severas limitações de solo, restringindo seu uso pela agricultura (Figura 4).

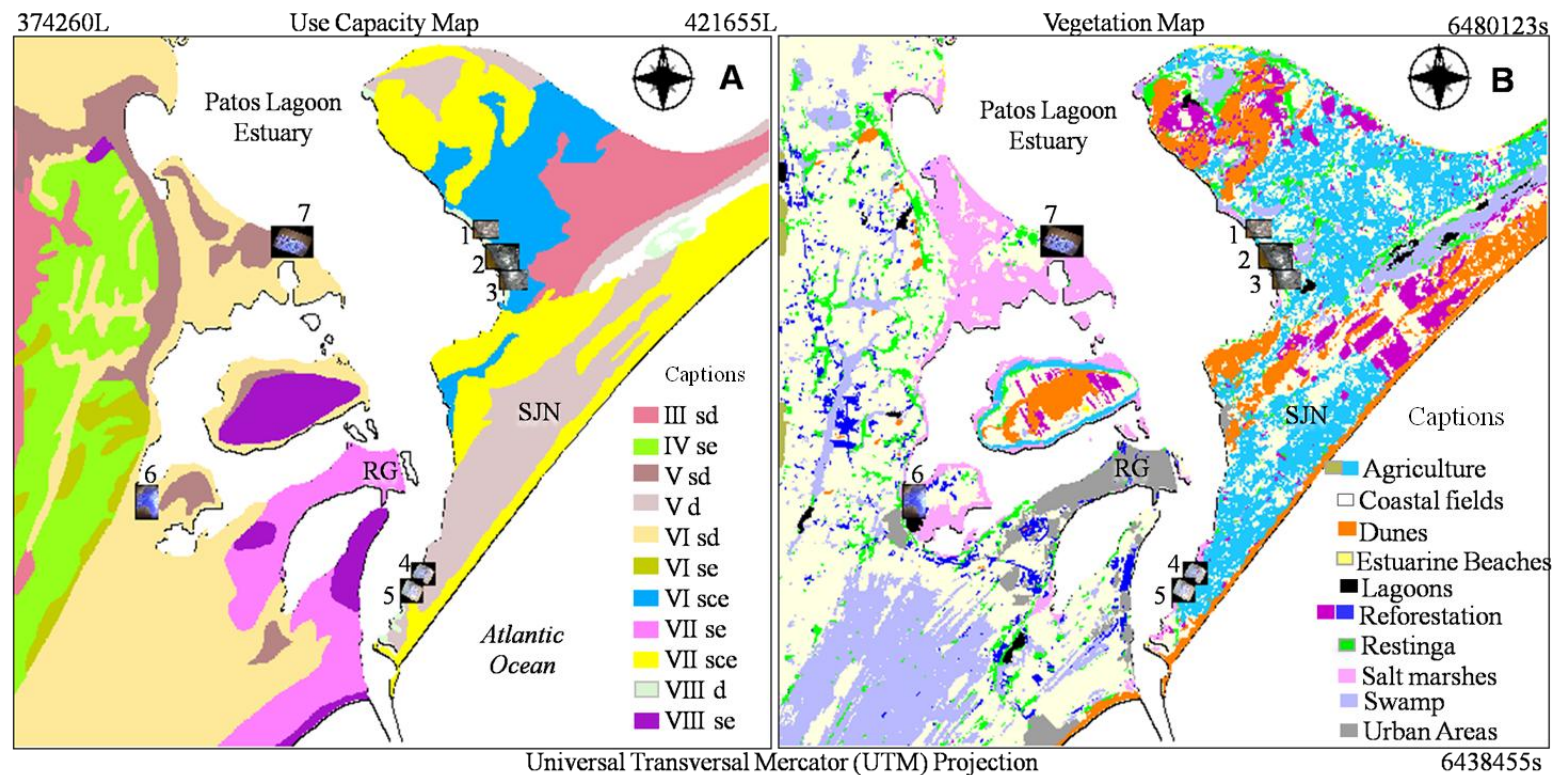


Figura 4AB. A: classificação do solo e suas condições de risco, tais como drenagem (d) erosão, (e), clima (c), o excesso de água (u) e as limitações do solo (s). Figura 4B: Reflorestamento = Pinus e Eucalyptus; Agricultura = cebola e arroz. Fonte: Tagliani (2003).



Da mesma forma, Cunha et al. (1996) relataram que no geral, os solos na região da fazenda 7 são pobres e o uso da terra é limitado para pastagem. Assim, a baixa fertilidade do solo local pode propiciar a utilização dessas áreas, que são utilizadas ou não pela agricultura e pastagem, bem como para o cultivo de organismos aquáticos.

Considerando a conformidade de todos os empreendimentos com a legislação ambiental vigente, foi observado que na área da fazenda 6, a obrigatoriedade de reserva de uma faixa de 15m de distância da via de domínio público não foi adotada. Fato que ocasionou em sanções pelo órgão ambiental local. A irregularidade foi detectada somente in loco, pois as imagens disponíveis (ADAR1000, Landsat e Google Earth) são anteriores a instalação do empreendimento.

Mais uma vez esse fato demonstra que a experiência do analista aliada aos avanços da tecnologia (softwares e hardwares), não impede que a análise seja afetada por erros ou interpretações inadequadas. Portanto, é extremamente importante realizar uma verificação in loco das áreas.

Pouca influência da declividade e topografia foi observada. Não só a declividade (0-5%), mas também a topografia (1-4m) apresentaram pouca variação, não sendo capazes de gerar um problema para a implantação da atividade na região.

Quanto à localização dos empreendimentos, as fazendas 4 e 5 foram as mais privilegiadas. Essas fazendas estão mais próximas a barra da lagoa, onde os ventos do quadrante sul empurram água salgada para dentro da lagoa, e aliado à secas no verão, geram grandes áreas com longos períodos de água salobra no estuário (Seeliger & Costa 1997, Peixoto et al. 2005). Já as fazendas 6 e 7 estão localizadas mais ao norte no estuário e sob influência direta do deságue de água doce do Canal São Gonçalo, estando mais sujeitas a baixa disponibilidade de água salobra na hora do enchimento dos viveiros. Seeliger e Costa (1997) corroboram com tal afirmação relatando que a penetração de água salina no estuário inferior é mais dependente de eventos meteorológicos, como vento e precipitação, do que por efeito de variação de marés ou corrente.

Quanto às condições climáticas, observou-se uma grande variação de temperatura e precipitação (média de 1250mm), decorrentes principalmente da passagem de frentes polares. Em média, esses sistemas frontais atingem a região de seis a sete vezes por mês, com maior ocorrência no inverno do que no verão (Reed et al. 2006). Por esse motivo, o cultivo de camarões se concentra na época de verão (dez-mar) e com somente um ciclo produtivo.

Por último, fotos capturadas in loco com a câmara digital Caplio 500SE permitiu a obtenção de imagens georreferenciadas. Isso resultou numa importação direta das imagens dentro do SIG e ofereceu um reconhecimento imediato das condições ambientais para cada local estudado.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

---

A partir dos resultados obtidos, evidenciou-se que a metodologia aplicada foi adequada para caracterização de empreendimentos aquícolas, construção de um banco de dados significativo para a atividade na região, bem como verificar a conformidade dos empreendimentos com as normas ambientais vigentes.

Dificuldades de interpretação de imagens ocorridas devido a diferentes escalas de análise (ADAR 1000, Google Earth, banco de dados existente e Landsat), não inviabilizaram o estudo, sendo que as averiguações in loco foram essenciais para a interpretação dos resultados.

A organização dos diversos métodos de aquisição de informações, ferramentas de gestão, pesquisa e análise de informações em um único banco de dados gerou importante compreensão da área de estudo e as características inerentes a atividade local. Esse fato, especialmente ajudará, num próximo estudo, a classificar áreas em melhores condições para a implantação de novas fazendas, geração de menor impacto socioambiental, aumento de produtividade e preservação das áreas sensíveis a alterações ambientais.

Sendo assim, esse estudo provê um importante conjunto de ferramentas quanto atividade humana, auxiliando na compreensão do dinamismo entre ambiente natural local e uma atividade potencialmente impactante. Entretanto, se realizada de maneira correta e sustentável, essa atividade será capaz de gerar riqueza social e econômica para a população local.

## REFERÊNCIAS

---

CHEN, S, CHEN, L, LIU, Q, LI, X & TAN, Q. 2005. Remote sensing and GIS-based integrated analysis of coastal changes and their environmental impacts in Lingding Bay, Pearl River Estuary, South China. *Ocean Coast Manage* 48: 65–83.

CIVCO, DL, KENNARD, WC & LEFOR, MW. 1986. Changes in Connecticut salt-marsh vegetation as revealed by historical aerial photographs and computer- assisted cartographics. *J. Environ. Manage.* 10: 229-239.

CUNHA, NG, SILVEIRA, RJdaC & SEVERO, CRS. 1996. Estudo dos solos do município de Rio Grande. Pelotas, Brazil: Universitária/UFPel, EMBRAPA/CPACT 74p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANISATION OF THE UNITED NATIONS, FAO. 1998. FAO Technical Consultation on policies for Sustainable Shrimp Culture. Bangkok, Thailand, 8-11 December 1997. FAO Fisheries Report. No. 572. Rome,

FONTOURA, JAS & HARTMANN, C. 2001. Capture Small Format Aerial Digital Images Using the Airborne data Acquisition System (ADAR 1000) from Positive System Company (USA). *Pesquisas. Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, UFRG*, 28: 373-381.

FREITAS, DM & TAGLIANI, PRA. 2007. Spatial Planning of Shrimp Farm Activities in the Patos Lagoon Estuary (Southern Brazil): In a Context of Integrated Coastal Management. *J Coastal Res* 47: 136-141.

GIAP, DH, YI, Y & YAKUPITIYAGE, A. 2005. GIS for land evaluation for shrimp farming in Haiphong of Vietnam. *Ocean Coast Manage* 48: 51–63.

KAPETSKY, JM, HILL, JM, WORTHY, LD & EVANS, DL. 1988. A geographical information system for catfish farming development. *Aquaculture* 68: 311–320.

KARTHIKA, M, SURIB, J, NEELAM, S & BIRADAR, RS. 2005. Brackish water aquaculture site selection in Palghar Taluk, Thane district of Maharashtra, India, using the techniques of remote sensing and geographical information system. *Aquacult. Eng.* 32: 285–302.

MEYER, JW, FRANK, DJ, HIRONAKA, A, SCHOFER, E & TUMA, NB. 1997. The Structuring of a World Environmental Regime, 1870-1990, *International Organization* 51: 623-651.

NATH, SS, BOLTE, JP, ROSS, LG & AGUILAR-MANJARREZ, J. 2000. Applications of geographical information systems (GIS) for spatial decision support in aquaculture. *Aquacult. Eng.* 23: 233–278.

PEIXOTO, S, WASIELESKY, W, CAVALLI, RO, SANTOS, MHS & POERSCH, LH. 2005. Diretrizes para o desenvolvimento responsável da carcinicultura na região do estuário da Lagoa dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil. *Gerenciamento Costeiro Integrado* 04: 1-4.

PÉREZ, OM, TELFER, TC, BEVERIDGE, MCM & ROSS, LG. 2002. Geographical Information Systems (GIS) as a Simple Tool to Aid Modelling of Particulate Waste Distribution at Marine Fish Cage Sites. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 54: 761–768.

POLI, CR, BORGHETTI, JR & GRUMANN, A. 2000. Situação Atual da Aqüicultura na Região Sul. In: POLI, C. R.; BORGHETTI, J. R.; GRUMANN, A. (eds) *Aqüicultura no Brasil: Bases para um desenvolvimento sustentável*. Brasília: CNPq/MCT 323-351 p.

PRIMAVERA, JH. 2006. Overcoming the impacts of aquaculture on the coastal zone. *Ocean Coast Manage* 49: 531–545.

REED, AH, FAAS, RW, ALISSON, MA, CALLIARI, LJ, HOLLAND, KT, OREALLY, S & VAUGHAN, WC. 2009. Characterization of a Mud Deposit Offshore of the Patos Lagoon. *Cont. Shelf Res.* 29: 597-608.

SEELIGER, U & COSTA, CSB. 1997. Natural and human impact. In: SEELIGER U, ODEBRECHT C AND CASTELLO JP. (eds) Subtropical Convergence Environments: the coast and sea in the Southwestern Atlantic. ed. Berlim, Germany: Springer-Verlag 197-203 p.

SOMBROEK, WG. 1969. Soil studies in the Merin Lagoon basin. Projeto da Lagoa Mirim. Pelotas: CLM/PNUD/FAO, v.1.

TAGLIANI, CRA. 2003. Mapeamento da vegetação e uso do solo nos entornos do estuário da Laguna dos Patos, RS, utilizando técnicas de processamento digital de imagem do SIG SPRING. Fatorgis In Box, 7 p.

USA DEPARTMENT OF AGRICULTURE. SOIL CONSERVATION SERVICE. 1975. Soil taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Washington. 503p. (Agriculture Handbook, 436).

USTIN, ST, ADMS, JB, ELVIDGE, CD, REJMANEK, M, ROCK, BN, THOMAS, RW & WOODWARD, RA. 1986. Thematic mapper studies of semiarid shrub communities. Bioscience 36: 446-452.

**GESTÃO DE AMBIENTES COSTEIROS: USO DE SIG  
COMO APOIO A DECISÃO NA IMPLANTAÇÃO DE  
FAZENDAS DE CAMARÕES MARINHOS, ILHA DA  
TOROTAMA, RS**

*COASTAL MANAGEMENT: SIG AS A DECISION-MAKING  
TOOL FOR IMPLANTATION OF MARINE SHRIMP FARMS,  
TOROTAMA ISLAND, RS*

---

<sup>1</sup>Artigo publicado: Journal of Integrated Coastal Zone Management 9(3):45-54 (2009)

## RESUMO

---

No estado do Rio Grande do Sul, a atividade de cultivo de camarões marinhos está em expansão desde a introdução do camarão exótico *Litopenaeus vannamei*. Com o potencial para o crescimento produtivo vem também um real aumento dos riscos de impactos ambientais e socioeconômicos que podem afetar diretamente a sustentabilidade dos cultivos. Uma maneira de proporcionar um desenvolvimento duradouro da atividade é por meio do planejamento e tomada de decisão sobre implantação de empreendimentos em regiões costeiras, através da utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Assim, o presente estudo propôs avaliar locais propícios destinados a instalação de fazendas de cultivo de camarões marinhos, na região da Ilha da Torotama, RS, considerando critérios de aptidão e restrição, integrando um modelo final de auxílio à tomada de decisão (SIG). A análise integrada dos critérios de aptidão e restrição ao empreendimento mostrou que o local escolhido para esta atividade apresenta aspectos positivos. Dentre eles, aponta-se a localização sobre campos litorâneos a proximidade de possíveis mercados consumidores e mão de obra local, via de acesso boa, rede elétrica disponível e apoio técnico local (FURG-EMA). As informações obtidas, bem como a metodologia de análise poderão ser utilizadas para o aperfeiçoamento do processo de gestão ambiental no que diz respeito a consideração de instrumentos específicos para o planejamento e a tomada de decisões relativos a atividade de carcinocultura na planície costeira do Estado do Rio Grande do Sul.

Palavras-chave: carcinocultura; Laguna dos Patos; Sensoriamento Remoto; *Litopenaeus vannamei*.

## ABSTRACT

---

In the Rio Grande do Sul (RS) state, the marine shrimp culture is in expansion since the introduction of the exotic shrimp *Litopenaeus vannamei*. Along with the potential productive growth of the local activity, comes an increase in environmental and socioeconomic impact risks, which may directly affect the activity. Thus, a way to provide a continuous development is through the planning and decision making process on the coastal enterprises, using Geographic Information System (GIS). In this manner, the present study proposed to evaluate suitable areas destined to marine shrimp farms in the region of Torotama Island, RS, considering aptitude and restrictive criteria,

integrating a final model to aid the decision making (SIG). The criteria integrated analysis of the enterprise aptitude and restriction demonstrated that the activity area chosen presents positive aspects. As a result, it was noted that enterprises were built on coastal fields or in obliterated dune areas, which are favorable for cultivation. Proximity of possible consuming markets and local labor, good access roads, available electric network and local technical support (FURG-EMA) also count in favor of the projects. The obtained information, as well as the methodology analysis could be used to improve the ambient management process in what the consideration of specific instruments for the planning and the decision making of relative to the shrimp activity in the coastal plain of the Rio Grande do Sul State.

Key words: Shrimp culture; Patos Lagoon; Remote Sensing; *Litopenaeus vannamei*.

## INTRODUÇÃO

---

O cultivo de camarões é a modalidade mais expressiva de maricultura praticada no litoral brasileiro com uma produção estimada de 65 mil toneladas em 2006 (IBAMA 2008). Sendo que são cultivados principalmente em empreendimentos localizados a poucos metros da linha de costa, em viveiros de terra escavados.

Mesmo com comprovada importância econômica, infelizmente vários empreendimentos no país afetaram diretamente os ecossistemas costeiros. As transformações de habitat estuarinos em fazendas de cultivo ocasionaram, por exemplo, desmatamento, alterações hidrológicas, eutrofização, salinização de grandes extensões de terra e deposição de sedimentos nos viveiros (Alier 2007, Diegues 2006, Nunes & Parson 1998).

Uma solução de consenso nem sempre é possível, assim uma intervenção do poder público no planejamento da atividade local é imprescindível se for de interesse dos envolvidos na atividade.

No estado do Rio Grande do Sul, a atividade de cultivo de camarões marinhos está em expansão desde a introdução do camarão exótico *Litopenaeus vannamei*. Atualmente, quatro fazendas produtoras de camarões marinhos estão instaladas nos municípios de São José do Norte e Rio Grande, e outras quatro fazendas aguardam autorização do órgão ambiental.

Com o potencial para o crescimento produtivo vem também um real aumento dos riscos de impactos ambientais e socioeconômicos que podem afetar diretamente a sustentabilidade dos cultivos. Vários exemplos confirmam tal afirmação, já que



problemas semelhantes foram relatados em países que viram a atividade crescer exponencialmente e com conseqüente descontrole produtivo, legal e ambiental (FAO 1997, Poli et al. 2000, Pérez et al. 2002, Andreatta & Beltrame 2004, Chen et al. 2005, Giap et al. 2005, Karthika et al. 2005, Poli et al. 2000, Primavera 2006).

Assim, uma maneira de proporcionar um desenvolvimento duradouro da atividade é através do planejamento e tomada de decisão sobre implantação de empreendimentos em regiões costeiras, com auxílio de ferramentas computacionais disponíveis em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) (Aguilar-Manjarrez & Ross 1995).

As informações obtidas por Sensoriamento Remoto em diferentes níveis e os dados gerados da aplicação do geoprocessamento, juntamente com, por exemplo, dados de classificação de uso do solo, de análises biológicas, geográficas, hidroquímicas e socioeconômicas, são as bases para melhor classificar as áreas para implantação e desenvolvimento futuro da atividade, o que geraria menor impacto socioambiental, com aumento de produtividade e preservação das áreas sensíveis a alterações ambientais (Kapetsky et al. 1988, Nath et al. 2000, Pérez et al. 2002, Freitas & Tagliani, 2004, Giap et al. 2005).

Assim, a partir de um real interesse econômico, o presente estudo propôs avaliar locais propícios destinados a instalação de fazendas de cultivo de camarões marinhos, na região da Ilha da Torotama, RS, através da consideração de critérios de aptidão e restrição, integrando um modelo final de auxílio à tomada de decisão.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

---

### ***Área de Estudo***

A área de estudo está localizada na região da Ilha da Torotama (Lat/Long: -31.9 / -52.1), no município de Rio Grande, no estado do Rio Grande do Sul, Brasil, localizada na parte Sul do estuário da Laguna dos Patos compreendendo uma área total de aproximadamente 3.020ha (Figura 1). A população local exerce essencialmente a pesca artesanal ou atividades agropastoris em pequena escala e/ou de subsistência.

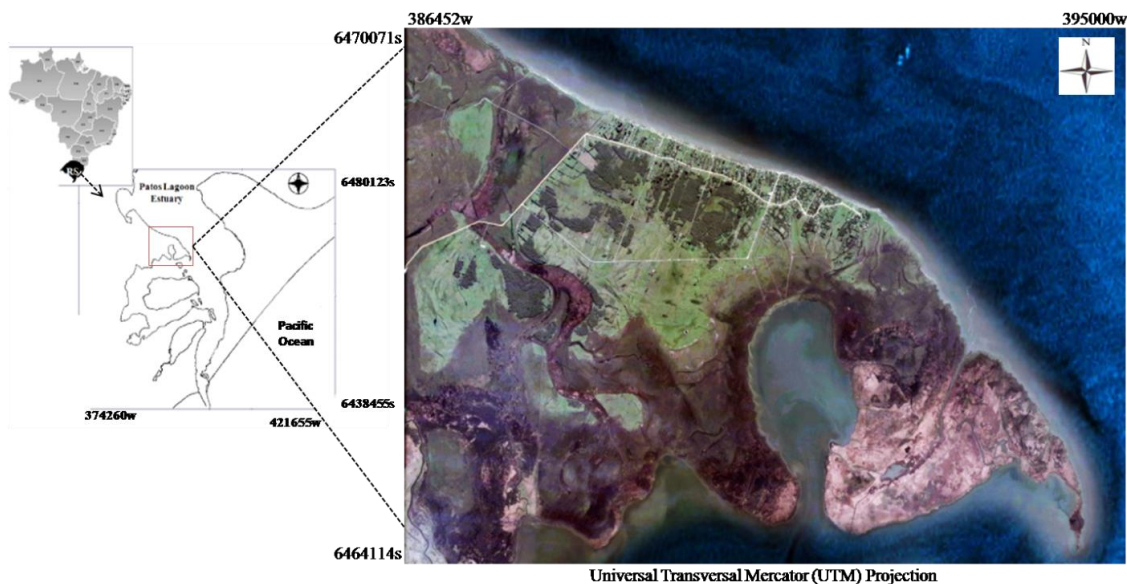


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo

A topografia é essencialmente caracterizada por terras baixas e banhados marginais, apresentando pouca variação na declividade (0-5%). Segundo Cunha et al. (1996), o solo local é hidromórfico (composição orgânica/arenosa, baixa fertilidade natural e elevados teores de matéria orgânica) e aluvial (textura média/argilosa e de relevo plano) (Figura 2).



Figura 2. Imagens da área de estudo na Ilha de Torotama – Rio Grande, RS.

### *Coleta e tratamento das informações*

O processamento das informações e a modelagem digital foram realizados pelo SIG Idrisi Andes edition® (ver. 15.01- Clark University). O software foi instalado em um desktop Intel Pentium® 4, 2.40Ghz, 479MB RAM, 60GB de HD, monitor Philips® colorido de 14in. e conectado a uma impressora Epson® Stylus C43UX.

O projeto priorizou a utilização de imagens de alta resolução da área de estudo, disponíveis gratuitamente na internet através do aplicativo “Google Earth Pro”. A

imagem foi armazenada em qualidade “Premium” (dimensões: 4484x3056 pixels, resolução: 91dpi), datada de 06 de março de 2005.

A imagem foi georreferenciada utilizando-se o módulo “resample” no SIG. A partir desta imagem, foi necessário realizar a digitalização e separação em camadas (total de 10) de todas as feições de interesse na área de estudo (Figura 3).

A quase totalidade da área de estudo é representada por apenas 3 camadas de informação: vegetação de campos litorâneos, áreas alagadas (marismas) e vegetação de restinga. Os polígonos representantes de cada uma foram digitalizados diretamente na tela do computador utilizando como base a imagem georreferenciada. Posteriormente, cada camada foi transformada do formato vetorial para raster, compondo o banco de dados final.

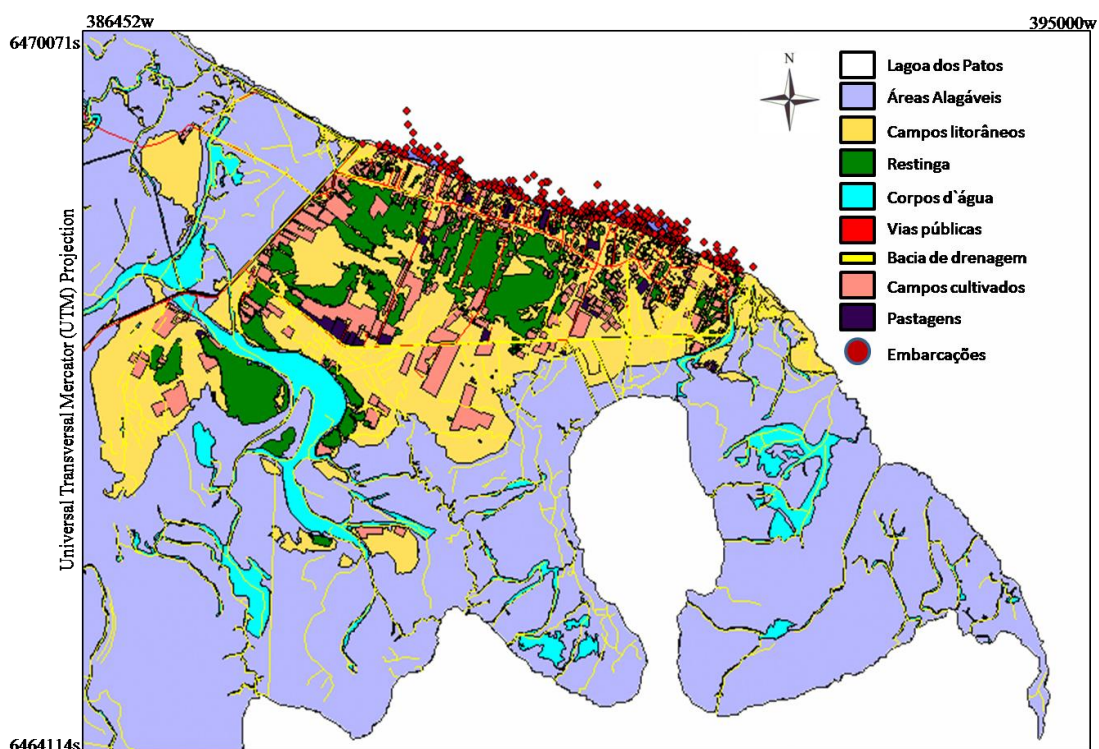


Figura 3. Classes de uso atual do solo

### ***Identificação dos critérios restritivos***

Diferentes critérios para seleção de áreas apropriadas ao cultivo de camarão têm sido utilizados, variando de local para local e de cultura para cultura, mas os mais utilizados são os que consideram o solo, clima, topografia e disponibilidade de água (Salam et al. 2005, Radiarta et al. 2008).

No presente estudo foram utilizados primeiramente critérios restritivos legais para criar áreas de exclusão:

1. Áreas de proteção ambiental (15m de áreas de proteção permanente (APP) – Lei Fed. Nº4771/1965 código florestal);
2. Distâncias de vias públicas (15m – Lei Fed. Nº6766/1979 art. 4º inciso III),
3. Distância de edificações (100m) (critério definido pelos autores)
4. Distância de corpos d’água (30m para cursos d’água <10m de largura) (Lei Fed. Nº4771/1965 código florestal)
5. Distância de 100m além da área sujeita a alagamento sazonal da Lagoa dos Patos - Lei Fed. Nº4771/1965 código florestal).

A escolha dessas áreas a serem excluídas se justifica porque já é requerido pelo órgão ambiental estadual (Fundação Estadual de Proteção Ambiental - FEPAM) na implantação de novos empreendimentos aquícolas.

Após a definição dos critérios restritivos, os mesmos foram espacializados por meio de rotinas específicas do SIG (módulo Buffer), vindo a complementar e atualizar o banco de dados (Figura 4). Todas as áreas com restrição legal foram superpostas (módulo Overlay) de modo a gerar uma imagem única, onde os valores um (1) representam as áreas aptas (sem restrição) e os valores zero (0) áreas inaptas (com restrição). Para cada área sem restrição mapeada foi calculada a área disponível em hectares, com o objetivo de excluir da análise as áreas muito pequenas, menores que 1ha, economicamente inviáveis para a atividade considerada.

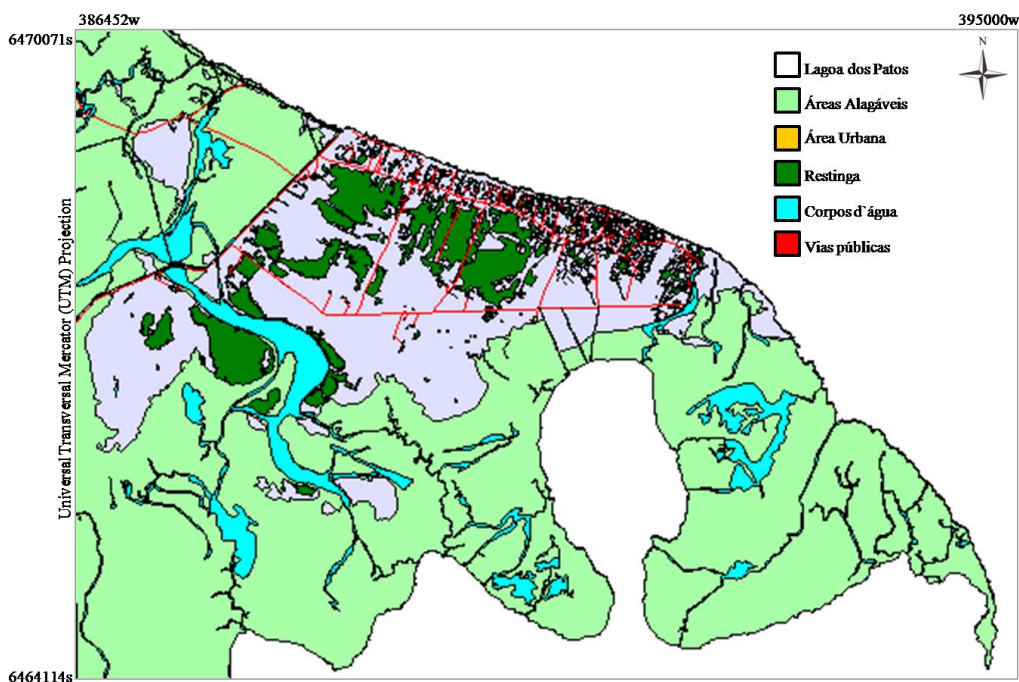


Figura 4. Áreas com restrição de uso

A imagem que representa a aptidão das áreas para carcinocultura, baseada na exclusão de áreas protegidas por algum dispositivo legal, é uma imagem booleana, isto é apresenta uma classificação “dura”, ou seja, valor 1 é apta, zero é inapta. Assim, não admite uma transição de uma área menos apta para uma mais apta. No entanto, esse procedimento é adequado nesse caso, pois a lei não especifica uma possibilidade para essa transição. Entretanto, se analisarmos apenas as áreas aptas essa transição pode ser feita dependendo do critério a ser utilizado.

Uma superposição das áreas aptas sobre mapas temáticos digitais existentes no Laboratório de Oceanografia Geológica da FURG (solos, capacidade de uso e vegetação), bem como os parâmetros referentes à salinidade (a porção sul do estuário tem característica estuarina devido à comunicação com o Oceano Atlântico) e temperatura (não cultivando no inverno), permitiu constatar que essas variáveis não apresentavam variação significativa que pudesse interferir no processo de decisão sobre a maior ou menor atratividade das áreas aptas.

O único critério relevante para o objetivo da análise é à distância da fonte de água para os tanques de produção (Lagoa dos Patos), pois os altos custos de construção e captação de água em um empreendimento aquícola (Lee & Wickins 1997) poderiam inviabilizar a implantação e desenvolvimento do mesmo.

Assim, as áreas aptas foram submetidas a uma segunda análise, onde foi calculada uma superfície de distância a partir das áreas aptas e, em seguida, uma reclassificação do resultado para uma escala de atratividade (Salam et al. 2003, Kapetsky et al. 1988) segundo 3 intervalos de classe:

1. Atratividade alta – distâncias menores que 1 km;
2. Atratividade média – distâncias entre 1 e 2 km;
3. Atratividade baixa – distâncias maiores que 2 km.

Finalmente, após a análise em laboratório, foi feita uma verificação *in loco* (2 saídas em campos, uma antes da digitalização e outra depois) na região do estudo (set e out/2008).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

---

O mapeamento digital da área de estudo permitiu a definição de 10 classes de uso atual do solo na área de estudo: áreas alagáveis (1825 ha), campos litorâneos (788 ha), mata de restinga (186 ha), corpos d’água (216 ha), vias públicas (30 km),



adensamentos populacionais (5 ha), delimitação da microbacia de drenagem, campos cultivados, pastagens e embarcações (Figura 3).

As vias públicas são desprovidas de pavimentação (Figura 5), o que não garante condições de boa dirigibilidade o ano todo e em todas as estações climáticas.

Por outro lado, a pequena distância para a BR-116, asfaltada, e a constante manutenção das estradas vicinais pela prefeitura garante fácil e rápido escoamento da produção e aquisição de insumos. Assim, pelo fato que todas as áreas consideradas aptas estarem localizadas próximas, o acesso as vias públicas não foi considerado empecilho ao desenvolvimento da atividade.

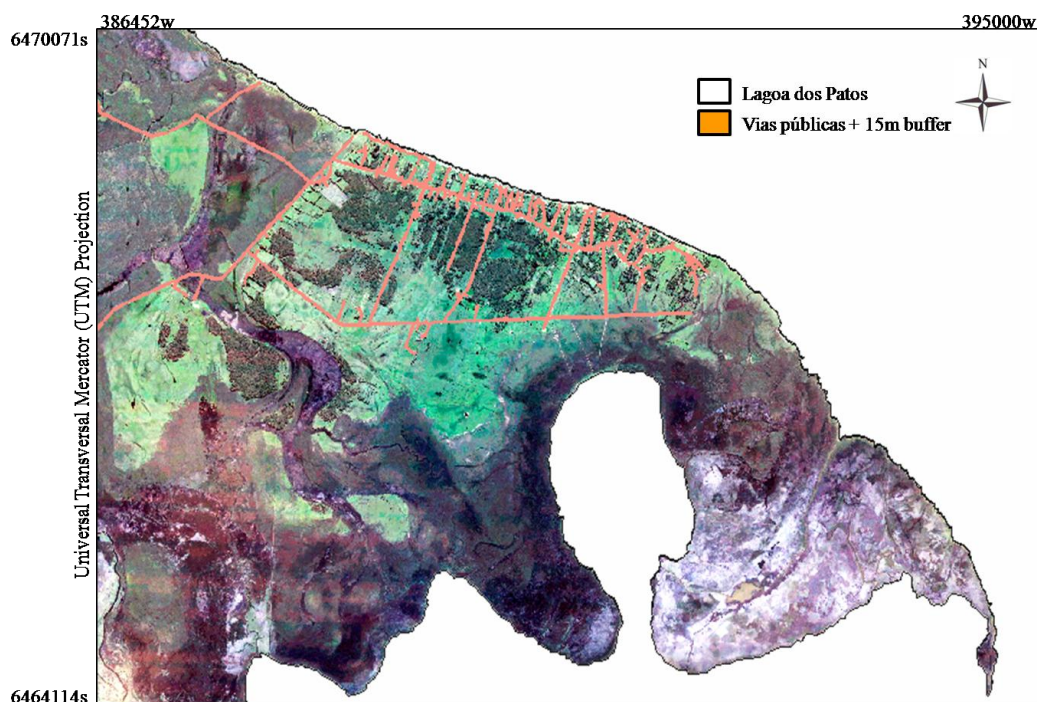


Figura 5. Estradas vicinais na área de estudo – sem pavimentação

Além de uma malha viária satisfatória, a região conta com uma rede de eletrificação que chega a todas as áreas consideradas aptas, a geomorfologia local é essencialmente plana (declividades menores que 5%) (Cunha et al. 1996) e o local também dispõe de mão de obra, embora não qualificada (Freitas & Tagliani 2004). Esses pontos são considerados muito importantes no tocante a suprir demandas de futuros empreendimentos bem como minimizar custos operacionais.

A fim de se evitar áreas que pudessem de alguma maneira interferir no pleno desenvolvimento da atividade (conflito de uso, poluição e roubo), buscou-se estabelecer uma distância mínima de 100 metros das edificações existentes. Essa distância foi considerada satisfatória em função das características dos empreendimentos,

considerados semi-intensivos (31-100 ha e densidades 6-20 camarões/m<sup>2</sup>) (Barbieri Júnior & Neto 2002, Andreatta & Beltrame 2004).

A avaliação ambiental realizada indicou que, segundo Cunha et al. (1996), os solos encontrados na região são o Solonchak (SK - banhados marginais da Lagoa dos Patos) e os Gleis pouco húmicos eutróficos (HGPe2 - terras baixas de riachos) (Figura 6). De acordo com Barbieri Júnior & Neto (2002) e Peixoto et al. (2005), solos areno-argilosos e que não são constituídos de excesso de matéria-orgânica são considerados os mais indicados para a construção de fazendas de camarão. Assim, os solos tipo SK foram considerados impróprios para o uso em consideração, enquanto as áreas restantes, por se tratarem de solos areno-argilosos e com relevo plano, foram avaliadas como aptas.

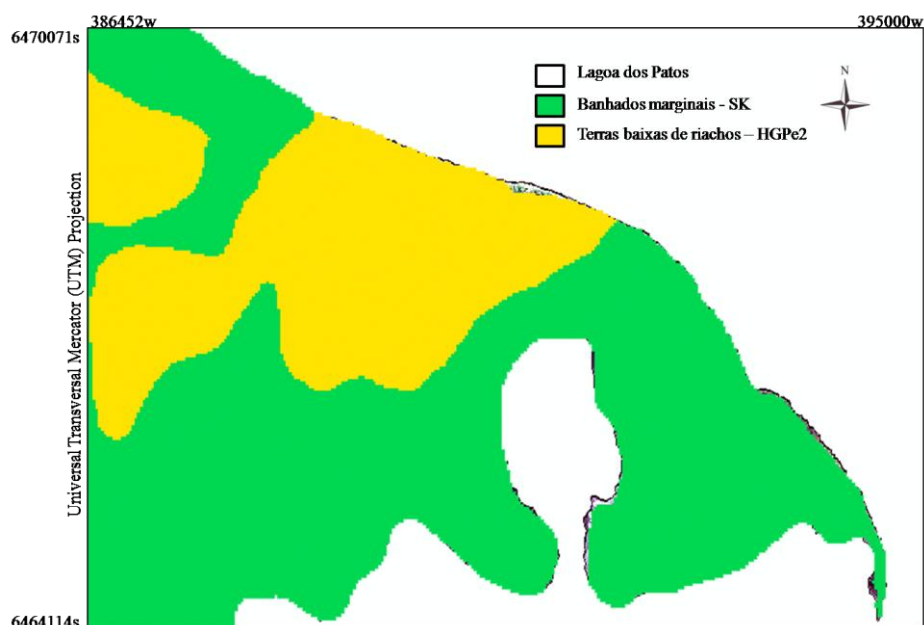


Figura 6. Classes de solo na área de estudo (Cunha et al, 1996).

Em relação à capacidade de uso observou-se que as áreas disponíveis estão classificadas como classe V (HGPe2) ou VI (SK) (Figura 7), ou seja, são áreas não muito apropriadas para agricultura. Esse é um fato positivo na análise, pois caracteriza um custo de oportunidade baixo, já que, teoricamente, preserva solos mais férteis em outros locais para o uso agrícola os quais poderiam, eventualmente, ser utilizados para implantação de fazendas de camarão.

Os campos litorâneos mapeados na área de estudo configuram a melhor alternativa ao uso proposto. Essas áreas são caracterizadas por uma cobertura vegetal rasteira (gramíneas), pouca declividade, solos sem excesso de matéria orgânica e baixa capacidade de uso (Peixoto et al. 2005).

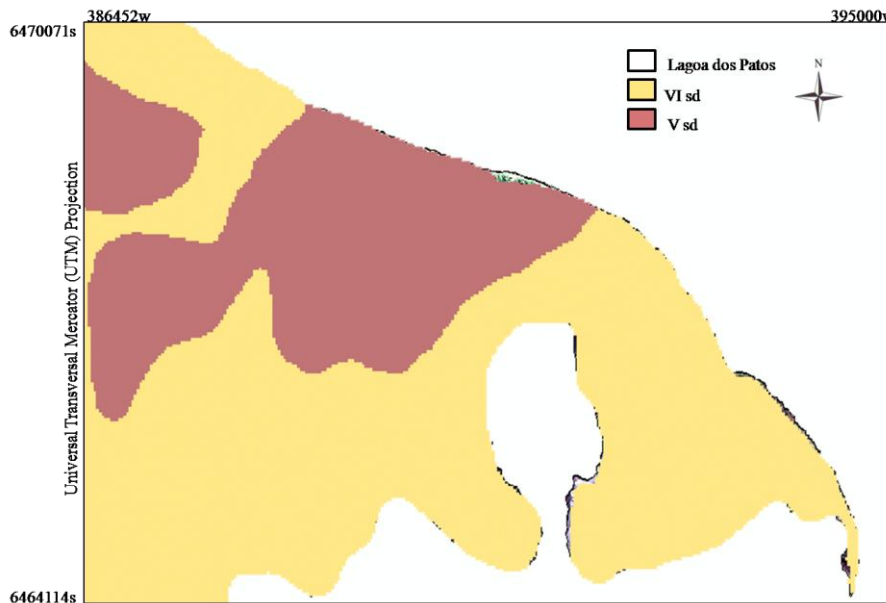


Figura 7. Classes de capacidade de uso agrícola (Cunha et al. 1996)

Assim, para obter o resultado final da análise integrada, foram subtraídas da área de ocorrência dos campos litorâneos todas aquelas áreas já mapeadas as quais apresentavam algum tipo de restrição ambiental/legal. A imagem resultante, avaliada em termos de atratividade em função da distância da Lagoa dos Patos (maior distância, menor atratividade e vice-versa), mostrou que 30% (110 ha) das áreas aptas possuem uma atratividade alta, 47% (169 ha) tem atratividade média, e 23% (83 ha) atratividade mais baixa relativamente (Figura 8).

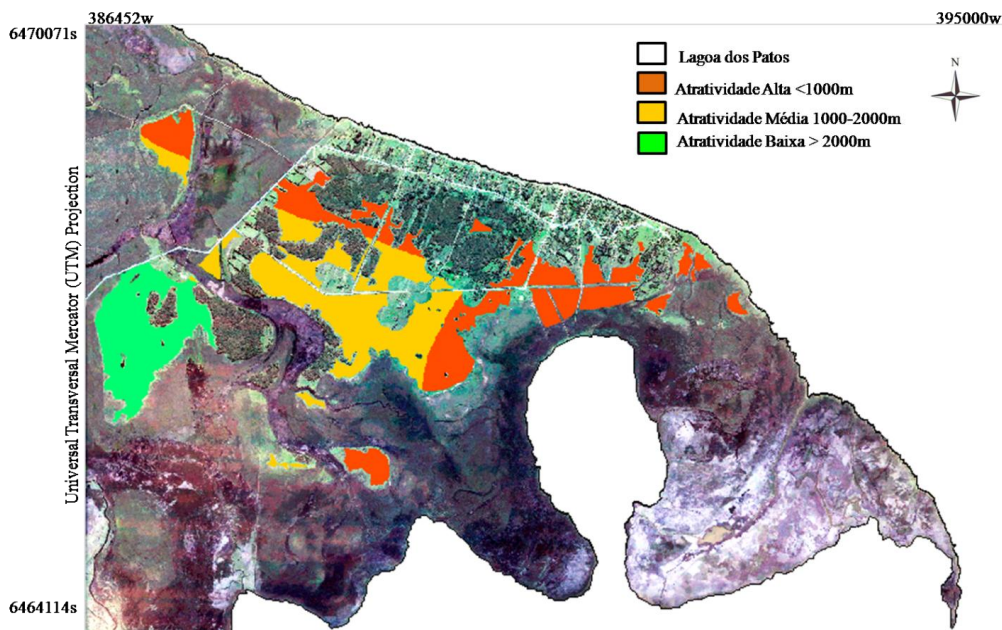


Figura 8. Classes de atratividade para localização de projetos de carcinocultura



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

A análise das características geomorfológicas, disponibilidade de água, acessibilidade a mercado e insumos, mão de obra disponível, eletrificação e suporte técnico na região do estudo, indicaram uma condição amplamente favorável a carcinocultura marinha em viveiros de terra. As áreas classificadas com potencial alto e médio podem manter um ótimo nível de produção, e, mesmo as áreas consideradas de baixo potencial, com diferentes demandas de investimento, podem alcançar os mesmos patamares produtivos.

Finalmente, esse estudo corrobora mais uma vez a afirmativa de que as técnicas e ferramentas disponíveis de SIG são eficazes no auxílio de tomada de decisão no planejamento de usos em qualquer local, particularmente naqueles localizados em áreas costeiras. Talvez a maior contribuição dessas ferramentas seja o fato de que são flexíveis o suficiente para incorporar os aportes técnicos de várias áreas do conhecimento para a tomada de decisão.

## REFERÊNCIAS

---

AGUILAR-MANJARREZ, J & ROSS, LG. 1995. GIS enhances aquaculture, development. *GIS World*, 8:52-56.

ALIER, JM. 2007. A defesa dos manguezais contra a carcinocultura. O ecologismo dos pobres: conflitos ambientais e linguagens de valoração, pp. 119-144, Contexto, São Paulo, Brasil. (ISBN 852443586).

ANDREATTA, ER & BELTRAME, E. 2004. Cultivo de camarões marinhos. In: POLI, CR, POLI, ATB, ANDREATTA, ER & BELTRAME, E. (ed.) *Aqüicultura: Experiências brasileiras*, pp. 199-220, Multitarefa, UFSC. Florianópolis, SC, Brasil.

BARBIERI JÚNIOR, RC & NETO, AO. 2002. *Camarões marinhos: Engorda*. 370p., *Aprenda Fácil*, Viçosa, Brazil. (ISBN-85: 88216-16-7).

CHEN, S, CHEN, L, LIU, Q, LI, X & TAN, Q. 2005. Remote sensing and GIS-based integrated analysis of Coastal changes and their environmental impacts in Lingding Bay, Pearl River Estuary, South China. *Ocean Coast Manage*, 48(1):65-83. (doi:10.1016/j.ocecoaman.2004.11.004)

CUNHA, NG, SILVEIRA, RJC & SEVERO, CRS. 1996. Estudo dos solos do município de Rio Grande. 74p., Universitária/UFPel, EMBRAPA/CPACT, Pelotas, Brazil.

DIEGUES, AC. 2006. Para uma aquicultura sustentável do Brasil. 26p., NUPAUB/USP, São Paulo, Brazil.

FAO Technical Cooperation Programme. 1997. Support to special plan for prawn and shrimp farming. 23p., Site selection towards sustainable shrimp aquaculture in Myanmar. Based on the Work of Charles L.A., Bangkok. (<http://www.fao.org/docrep/field/382903.htm>)

FREITAS, DM & TAGLIANI, PRA. 2004. Spatial Planning of Shrimp Farm Activities in the Patos Lagoon Estuary (Southern Brazil) - In a Context of Integrated Coastal Management. *J Coastal Res*, JCR-39.

GIAP, DH, Yi, Y & YAKUPITIYAGE, A. 2005. GIS for land evaluation for shrimp farming in Haiphong of Vietnam. *Ocean Coast Manage*, 48(1):51-63. (doi:10.1016/j.ocecoaman.2004.11.003)

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. (2008) - Estatística da pesca 2006 Brasil: grandes regiões e unidades da federação, 174p., IBAMA, Brasília.

KAPETSKY, JM, HILL, JM, WORTHY, LD & EVANS, DL. 1988. A geographical information system for catfish farming development. *Aquaculture*, 68(4):311-320. (doi:10.1016/0044-8486(88)90245-1)

KARTHIK, M, SURI, J, SAHARAN, N & BIRADAR, RS. 2005. Brackish water aquaculture site selection in Palghar Taluk, Thane district of Maharashtra, India, using the techniques of remote sensing and geographical information system. *Aquacult Eng*, 32(2):285-302. ( doi:10.1016/j.aquaeng.2004.05.009)

LEE, DOC & WICKINS, JF. 1997. *Cultivo de crustáceos*. 466p., Acribia, S.A., Zaragoza, Espanha.

NATH, SS, BOLTE, JP, ROSS, LG & AGUILAR-MANJARREZ, J. 2000. Applications of geographical information systems (GIS) for spatial decision support in aquaculture. *Aquacult Eng*, 23(1-3):233-278. (doi:10.1016/S0144-8609(00)00051-0)

NUNES, AJP & PARSONS, GJ. 1998. Dynamics of tropical coastal aquaculture systems and the consequences to waste production. *World Aquaculture*, 29(2):27-37.

PEIXOTO, S, WASIELESKY JR, WW, CAVALLI, RO, SANTOS, MHS & POERSCH, LHS. 2005. Diretrizes para o desenvolvimento responsável da carcinicultura na região do estuário da Lagoa dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil. *Gerenciamento Costeiro Integrado, Itajaí, UNIVALI*, 4:1-4.

PÉREZ, OM, TELFER, TC, BEVERIDGE, MCM & ROSS, LG. 2002. Geographical Information Systems (GIS) as a Simple Tool to Aid Modelling of Particulate Waste Distribution at Marine Fish Cage Sites. *Estuar Coast and Shelf S*, 54(4):761-768. (doi:10.1006/ecss.2001.0870)

POLI, CR, BORGHETTI, JR & GRUMANN, A. 2000. Situação Atual da Aqüicultura na Região Sul. In: POLI, CR & GRUMANN, A. (ed.), *Aqüicultura no Brasil: Bases para um desenvolvimento sustentável*, pp. 323-351, Florianópolis, Brazil.

PRIMAVERA, JH. 2006. Overcoming the impacts of aquaculture on the Coastal zone. *Ocean Coast Manage*, 49(9-10):531-545. (doi:10.1016/j.ocecoaman.2006.06.018)

RADIARTA, IN, SAITOH, S & MIYAZONO, A. 2008. GIS-based multi-criteria evaluation models for identifying suitable sites for Japanese scallop (*Mizuhopecten yessoensis*) aquaculture in Funka Bay, southwestern Hokkaido, Japan. *Aquaculture*, 284(1-4):127-135. (doi:10.1016/j.aquaculture.2008.07.048)

SALAM, MA, ROSS, LG & BEVERIDGE, CMM. 2003. A comparison of development opportunities for crab and shrimp aquaculture in southwestern Bangladesh, using GIS modelling. *Aquaculture*, 220(1-4):477-494.(doi:10.1016/S0044-8486(02)00619-1)

SALAM, MA, KHATUN, NA & ALI, MM. 2005. Carp farming potential in Barhatta Upazilla, Bangladesh: a GIS methodological perspective. *Aquaculture*, 245(1-4):75-87. (doi:10.1016/j.aquaculture.2004.10.030)

**USO DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NO  
PLANEJAMENTO DA CARCINOCULTURA MARINHA  
EM SÃO JOSÉ DO NORTE, RIO GRANDE DO SUL,  
BRASIL**

*THE USE OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM IN THE  
PLANNING OF MARINE SHRIMP FARMING IN SÃO JOSÉ DO  
NORTE, RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL*

## RESUMO

---

Considerando o franco desenvolvimento da aquicultura no mundo, cada vez mais é necessária a utilização de métodos que visem à seleção de locais propícios para as mais variadas atividades aquícolas. Assim, o presente estudo teve com objetivo definir áreas propícias para o desenvolvimento da carcinocultura marinha em viveiros escavados, na região do baixo estuário da Laguna dos Patos, sul do Brasil. Utilizou-se imagem orbital LANDSAT 7 ETMXS (resolução geométrica das imagens de 30 metros), órbita-ponto 221\_082 de 24/10/2001, com combinação das bandas 1, 2 e 3. A análise espacial foi realizada com o software Idrisi Andes edition® (ver. 15.01- Clark University). As áreas foram selecionadas a partir da exclusão de áreas legalmente protegidas, seguido de análise multicriterial de atratividade, considerando, por exemplo, o custo de oportunidade e a distância de infraestruturas, dentre outros. Como resultado, as áreas consideradas mais atrativas perfazem um total de 5.300 ha (16,84%), enquanto 14.600 ha (46,78%) possuem condições consideradas boas. Salienta-se que as áreas consideradas com potencial alto possibilitam um menor investimento na construção dos viveiros (hora/máquina).

Palavras-chave: Carcinocultura, Lagoa dos Patos, Sensoriamento Remoto, SIG.

## ABSTRACT

---

Considering the rapidly developing aquaculture in the world, is increasingly necessary to use methods aimed at the selection of potential sites for a variety of aquaculture activities. Thus, the present study in order to define areas suitable for the development of marine nurseries (carcinocultura) excavated in the lower estuary of the Patos Lagoon, southern Brazil. We used Landsat 7 image ETMXS orbital (geometric resolution images of 30 meters), 221\_082-point orbit of 24/10/2001, with the combination of bands 1, 2 and 3. Spatial analysis was performed with the software Idrisi Andes Edition ® (ver. 15.01-Clark University). The areas were selected from the exclusion of legally protected areas, followed by multicriteria analysis of attractiveness, considering, for example, the opportunity cost and distance from infrastructure, among others. As a result, the areas considered most attractive for a total of 5,300 ha (16.84%), while 14,600 ha (46.78%) are considered good conditions. It should be noted that the areas considered enabling a high potential smaller investment in the construction of nurseries (hours/machine).

Key words: shrimp culture, Lagoa dos Patos, Remote Sensing, GIS

## INTRODUÇÃO

---

Considerando o franco desenvolvimento da aquacultura no mundo, cada vez mais é necessária a utilização de métodos que visem à seleção de locais propícios para as mais variadas atividades aquícolas (McLeod et al. 2002, Pérez et al. 2002, Karthik et al. 2005, Hossain et al. 2007, Longdill et al. 2008).

No Brasil o cultivo comercial de camarões marinhos teve início nos anos 70, mas somente na década de 80 adquiriu-se um caráter realmente empresarial (Barbieri Júnior & Ostrensky Neto 2002), no entanto as escolhas de áreas para cultivo se deu considerando principalmente os interesses do produtor e que nem sempre estavam de acordo com critérios técnicos.

Especificamente no estado do Rio Grande do Sul, a atividade de cultivo de camarões marinhos foi iniciada com a introdução da espécie *Litopenaeus vannamei* em meados de 2002, mas ainda são poucos os produtores no estado. Entretanto, com o potencial para o crescimento produtivo da carcinocultura na região, vislumbra-se um real aumento dos riscos de impactos ambientais e socioeconômicos. Cabe ressaltar que problemas semelhantes foram relatados em regiões ou países que viram a atividade crescer exponencialmente e com consequente descontrole produtivo, legal e ambiental ((FAO 1997, Pérez et al. 2002, Beltrame et al. 2006, Chen et al. 2005, Giap et al. 2005, Karthika et al. 2005, Poli et al. 2000, Primavera 2006, Freitas et al. 2009).

Assim, no processo de planejamento do desenvolvimento da atividade, a análise espacial constitui um elemento de grande importância, possibilitando identificar possíveis conflitos de uso dos recursos costeiros, minimizar impactos ambientais e socioeconômicos, além de permitir uma alocação mais eficiente do espaço reduzindo os custos de oportunidade (GESAMP 2000, Corbin & Young 1997, Rajitha et al. 2007).

Neste sentido, o presente estudo se propõe a identificar locais apropriados para o desenvolvimento da carcinocultura no município de São José do Norte, RS, através de técnicas de Sistema de Informação Geográfica-SIG.

## MATERIAL E MÉTODOS

---

### *Descrição da Área de Estudo*

A área de estudo compreende o município de São José do Norte, (Lat/Long: -31.5 / -51.5), Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, localizada na parte sul do estuário da Laguna dos Patos, adjacente ao Oceano Atlântico (Figura 1).

Predominantemente, a economia local está voltada a pesca artesanal, comércio e atividades agropastoris (bovinos e ovinos e cultivo de cebola e arroz), todos em pequena escala e/ou de subsistência. Também podem ser observadas grandes áreas de plantio intensivo de pinus (*P. elliottii*), destinados a produção de madeira e extração de resina (Tagliani 2003).

De acordo com Tagliani, 2003, na região estão presentes grandes extensões de banhados e formam parte da fisionomia natural no município, e estão geralmente associados às lagoas, margeando-as e fazendo a transição destas com as outras formações.

Quanto às dunas, estas se distribuem paralelamente a linha de costa e são constituídas essencialmente de areias eólicas e de granulometria fina (De Oliveira & Calliari 2006), que recebe aporte de sedimentos oriundos da Laguna dos Patos (Figueiredo & Calliari 2006). Em relação aos campos litorâneos, compreendem grandes áreas e apresentam elevada colonização, quando comparada a outros ambientes da região (Tagliani & Silva 2009). Observam-se nesses ambientes um predomínio da rizicultura, pecuária extensiva, cultivos de cebola e reflorestamentos e compreendem todas as formações herbáceas de baixo porte (Tagliani 2003).

Em relação às marismas, elas ocupam margens e pequenas ilhas do estuário, tendo como característica a tolerância às variações de salinidade e inundações irregulares. As comunidades vegetais desempenham importante papel na estabilidade do substrato, impedindo a erosão e representam o habitat de diversos organismos (Cordazzo & Seeliger 1988).

A topografia é essencialmente caracterizada por terras baixas, banhados marginais, dunas e praias litorâneas, apresentando pouca variação na declividade (0-5%) (Tagliani 2003).

### ***Coleta e tratamento das informações***

A análise espacial foi realizada a partir de imagem orbital LANDSAT 7 ETMXS (resolução geométrica das imagens de 30 metros), órbita-ponto 221\_082 de 24/10/2001, com combinação das bandas 1, 2 e 3, importada para o software Idrisi Andes edition® (ver. 15.01- Clark University), utilizado para a digitalização das informações espaciais diretamente na tela do computador.





Figura 1. Mapa de localização da área de estudo

### ***Identificação dos critérios para seleção de áreas***

Diferentes critérios para seleção de áreas apropriadas ao cultivo de camarão têm sido utilizados, mas os mais utilizados são os que consideram fatores socioeconômicos, solo, clima, topografia, disponibilidade de água, infraestrutura e logística (Beltrame et al. 2006, Giap et al 2005, Hossain et al. 2007, Radiarta et al. 2008, Salam et al. 2005). No presente estudo, primeiramente foram utilizados critérios restritivos legais para criar áreas de exclusão (inaptas) (Figura 2).

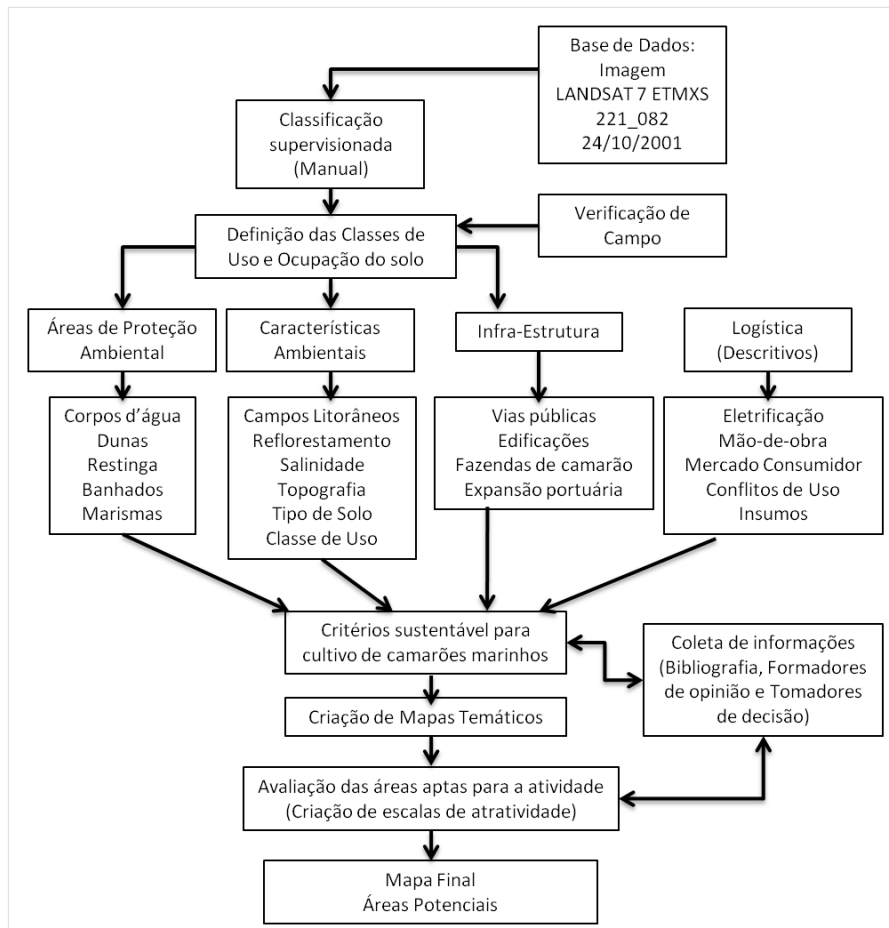


Figura 2. Metodologia para análise de áreas aptas para cultivo de camarões marinhos no presente estudo (Adaptado de Rajitha et al. 2007)

Após a definição dos critérios restritivos, os mesmos foram espacializados por meio de rotinas específicas do SIG (módulo Buffer), criando zonas tampões (Tabela 1). Em decorrência da exclusão de áreas protegidas e com características ambientais (tipo de solo e salinidade) ou de infraestrutura inaptas para atividade, resultou em uma imagem indicando as áreas aptas e não aptas.

Para se evitar uma simples classificação de áreas aptas e não aptas, foi aplicada uma escala espacial de atratividade com base nos critérios de distância de recursos hídricos, de vias públicas e de capacidade de uso do solo (Kapetsky et al. 1988, Salam et al. 2003).

Devido à importância de alguns critérios descritivos (Figura 2), tais como poluição, eletrificação, temperatura, dentre outros descritos na tabela 1, mesmo não sendo espacializados, estes servem de informação complementar na análise final (Frankic 1998). Por último, após análise em laboratório, foram realizadas saídas de campo na região estudada para verificações in loco das informações obtidas por meio das imagens de satélite.

Tabela 1. Referencial sobre a seleção dos critérios de atratividade e restrição adotada para cultivos de camarões marinhos em viveiros escavados na área de estudo.

<b>Critérios</b>	<b>Atratividade (factors)</b>	<b>Restritivos (constraint)</b>
	<i>Ambientais</i>	
<b>Temperatura</b>	Verão e Primavera com temperatura média superior a 25°C durante a fase final de engorda (Peixoto et al. 2005).	Inverno e outono O cultivo de <i>L. vannamei</i> é afetado por temperaturas menores que 19°C (Peixoto et al. 2005).
<b>Salinidade</b>	15 – 25 (18 - 22) (Barbieri e Neto 2002, Poli et al. 2000)	Valores <10 ou >25 (Barbieri e Neto 2002, Poli et al. 2000)
<b>Declividade/ Elevação</b>	Localmente está entre 0 -5% (Tagliani, 2003). É considerada aceitável entre 1 – 10m acima do nível do mar. (Barbieri e Neto 2002, Giap et al. 2005, Hossain et al. 2001, 2007)	Declividade acentuada. > 10m. (Giap et al. 2005, Hossain et al. 2001, 2007)
<b>Tipo de Solo</b>	Conteúdo de argila em torno de 15-25%; alta plasticidade; teores baixos (2-4%) ou médios de matéria orgânica e ph próximo ao neutro. Solos não orgânicos (arenosos, argilosos ou argilo-arenosos) com boa capacidade de agregação. (Barbieri e Neto 2002, Poli et al. 2000 )	Solos ricos em matéria orgânica (cerca de 20%); solos sulfurosos-ácidos (orgânicos tiomórficos). (Barbieri e Neto 2002, Giap et al. 2005)
<b>Direção e Regime de vento</b>	Localmente é forte o regime de ventos provenientes do quadrante nordeste durante o período de verão (Garcia 1998). Garantindo assim uma boa movimentação das águas superficiais e elevação dos níveis de oxigênio dissolvido na água nos viveiros (Peixoto et al. 2005).	Ausência ou diminuição acentuada de/prolongada da ação de ventos.
<b>Capacidade de Uso (Classe de Solo) Vegetação</b>	Solos preferencialmente de classe > V, preservando solos nobres para agricultura. Custo de oportunidade menor possível.  Campos Litorâneos e/ou Dunas obliteradas. (Peixoto et al. 2005)	Classe de solo < V  Áreas de proteção ambiental (Marisma, banhado, restinga e dunas). Também deverão ser criadas zonas tampão “Buffer” de 15m a partir das APP (Lei Fed. Nº4771/1965 código florestal).

<b>Disponibilidade de água (Acesso)</b>	Excelente condição: 100 - 1000m; Boa: 1000 - 2000m; e na margem do aceitável (Razoável): 2000 - 3000m (Beltrame et al. 2006, Giap et al. 2005)	Áreas não recomendadas com distância > 3000m (Beltrame et al. 2006, Giap et al. 2005). Deverá ser criada uma zona tampão “Buffer” de 30m para cursos d’água <10m de largura e 100m além da área sujeita a alagamento sazonal da Lagoa dos Patos. (Lei Fed. Nº4771/1965 código florestal).
---	--	---

---

**Socioeconômicos e Logística / Infraestrutura**

---

<b>Eletrificação</b>	Disponível e Perto do empreendimento (Poli et al. 2000) Excelente condição: 1 - 200m; Boa: 200 - 500m; e na margem do aceitável (Razoável): 500 - 750m (Salam et al. 2005, Hossain et al. 2007).	Inexistente e Longe do empreendimento (Áreas não recomendadas com distância > 750m).
<b>Vias públicas</b>	Boa dirigibilidade; Para estradas não pavimentadas - Excelente condição: 15 - 500m; Boa: 500 - 1000m; e na margem do aceitável (Razoável): 1000 - 2000m (Giap et al. 2005, Salam et al. 2005, Hossain et al. 2007)	Estado ruim de conservação e Áreas não recomendadas com distância > 2000m (Giap et al. 2005, Salam et al. 2005, Hossain et al. 2007). Também deverão ser criadas zonas tampão “Buffer” de 15m a partir das vias públicas (Lei Fed. Nº6766/1979 art. 4º inciso III)
<b>Poluição</b>	Locais com boa qualidade de água e solo e distância > 100m de edificações e outros empreendimentos aquícolas (autores).	Distância <100m de edificações e outros empreendimentos aquícolas.
<b>Mercado consumidor e Mão de obra disponível</b>	Distância de mercado consumidor = Excelente condição: 1000-2000m; Boa: 2000- 4000m; Na margem do aceitável > 4000m (Giap et al. 2005, Salam et al. 2005, Hossain et al. 2007). Densidade populacional por km <sup>2</sup> = Excelente condição: <500; Boa: 500-1000; e na margem do aceitável 1000-2000 (Giap et al. 2005, Hossain et al. 2007).	Mercado consumidor distante e mão de obra não disponível localmente (Áreas não recomendadas com distância >2000m) (Giap et al. 2005, Hossain et al. 2007). A não recomendação somente se aplica se não houver um acondicionamento satisfatório do produto (incluem-se caminhão frigorífico, gelo, manuseio e caixas).
<b>Serviços disponíveis (insumos e maquinário)</b>	Disponível localmente. Distância da larvicultura = Excelente condição: <4000m; Boa: 4000-8000m; Na margem do aceitável >8000m (Giap et al. 2005, Buitrago et al. 2005).	Não disponível localmente.
<b>Conflitos por espaço e uso</b>	Distante de áreas de pesca, áreas protegidas (APP), áreas de expansão portuária, agropastoril, urbana, industrial e de reflorestamento (Buitrago et al. 2005).	Perto ou em áreas protegidas (APP), áreas de pesca, áreas de expansão portuária, agropastoril, urbana, industrial e de reflorestamento.

---

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no presente estudo apontaram as áreas propícias e não aptas para o cultivo de camarões marinhos em São José do Norte, confirmando o potencial aquícola da atividade no município. Estas informações servirão de suporte para o ordenamento da atividade, já que a maioria dos estudos voltados para determinação de áreas para aquicultura usam apenas mapas simples, cujas informações para tomadas de decisão do poder público, órgãos de financiamento e dos próprios investidores são pouco conclusivas (Aguilar-Manjarrez e Ross 1995).

Assim, com a crescente importância de se explorar racionalmente os recursos naturais e com isso minimizar problemas de utilização dos recursos costeiros, primeiramente buscou-se agrupar os usos e cobertura atual do solo do município em classes distintas, que incluem: campos litorâneos, áreas alagáveis (banhados) marismas dunas, mata de restinga, áreas de reflorestamento de pinos, vias públicas, área construída e corpos d'água (Figura 3).

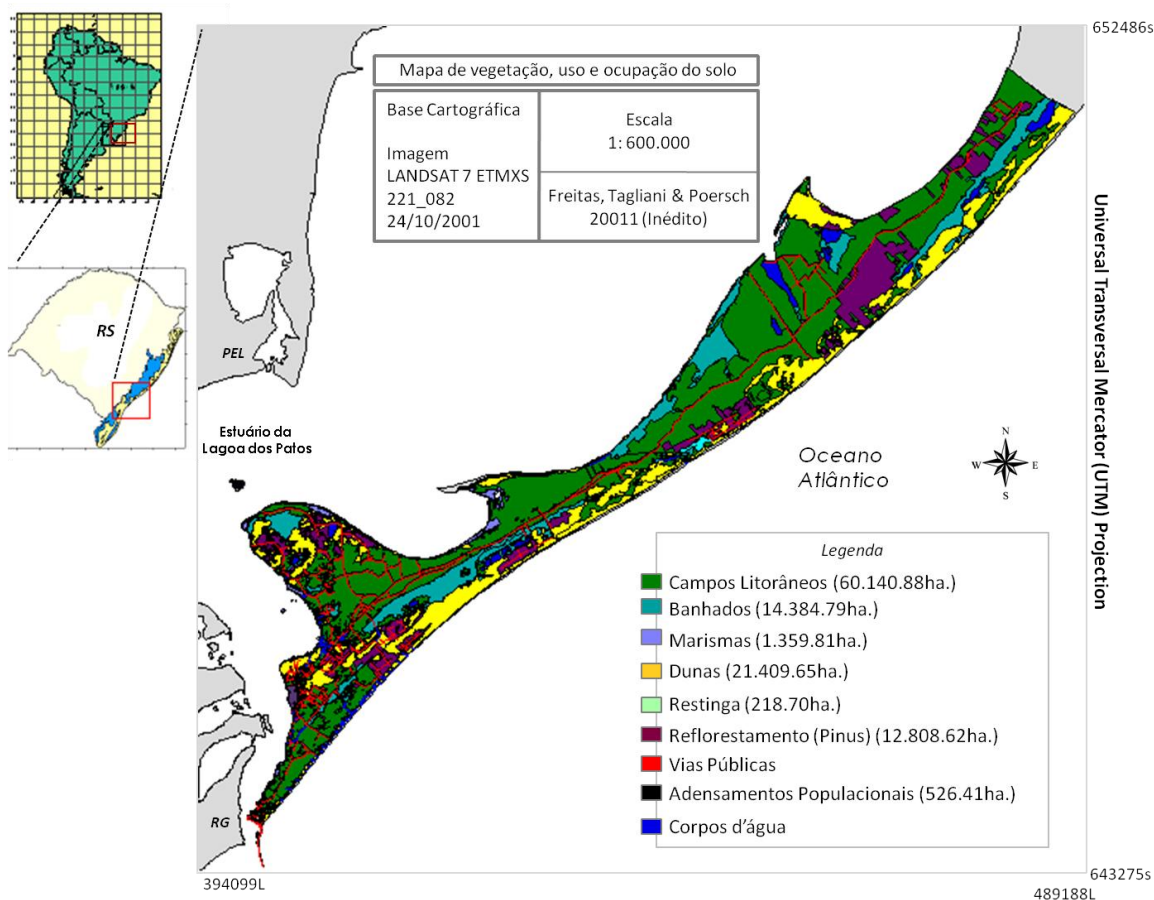


Figura 3. Mapa de vegetação, uso e ocupação do solo.

Considerando que as áreas propícias para desenvolvimento de cultivos de camarões são os campos litorâneos, como resultado da análise inicial obteve-se cerca de 30.000 hectares disponíveis para a atividade. Sendo que se somarmos a esse total as áreas utilizadas hoje para reflorestamento, obteremos pouco mais de 40.000 ha que poderiam ser considerados propícios para a atividade. Este total representa praticamente 40% da área total do estudo (Figura 4).

Por outro lado, a partir da definição das feições de interesse (camadas) na área de estudo e criadas às chamadas “zonas buffers”, como resultado obteve-se quase cem mil hectares de áreas destinadas à preservação/conservação ou não aptas para o cultivo de camarões (Figura 4).

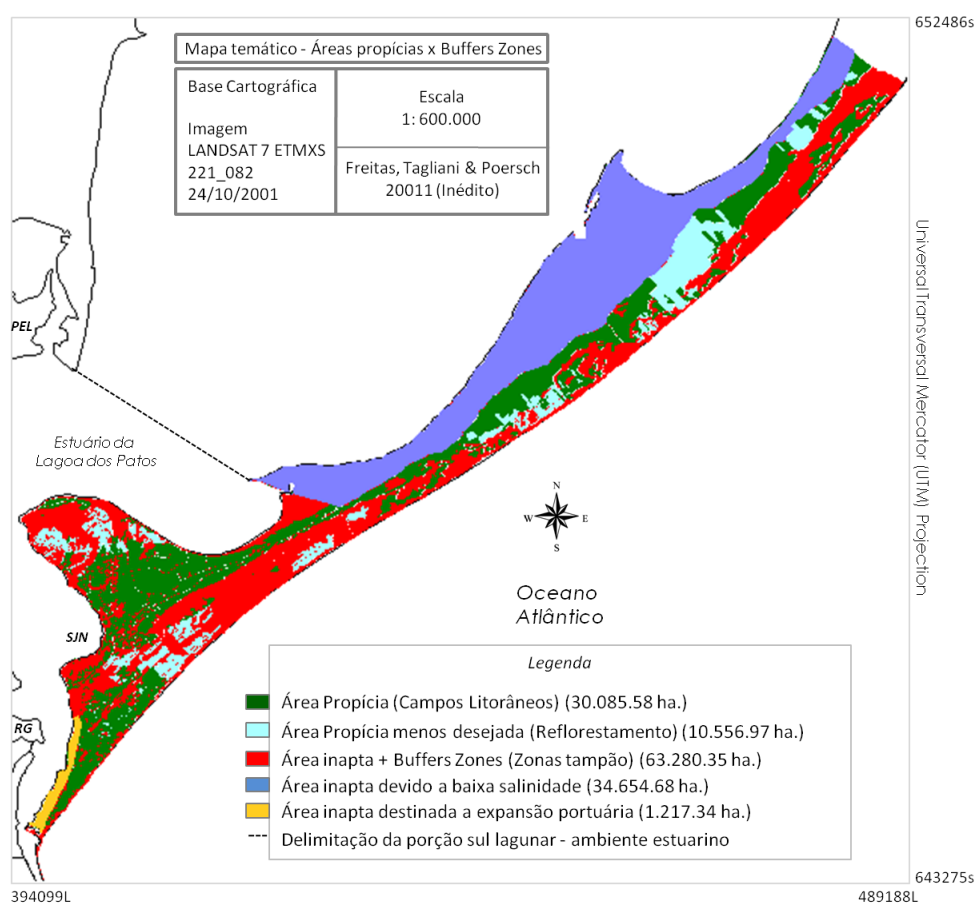


Figura 4. Mapa temático de zonas de exclusão legal e ambiental (Buffers).

A criação de “zonas buffers” (tampões) foi utilizada por Torres e Andrade (2010) em estudo para determinação de áreas para instalação de empreendimentos de piscicultura marinha. Estas zonas buffers seriam áreas de amortecimento ou proteção, onde não seria permitida a instalação de empreendimentos aquícolas e que servem para evitar conflitos com outras atividades. Como exemplo, Torres e Andrade (2010)



estipularam buffers de 500 metros para praias, 1000 metros para pontos de armazenamento de combustíveis, 200 metros das rotas marítimas, dentre outros.

Além da criação de “zonas buffers”, observou-se a necessidade de se criar uma “zona de exclusão” para o critério salinidade, justificando-se pelo fato de ali representar a zona limite do estuário da Lagoa dos Patos (Figura 4) (Closs 1962, Peixoto et al. 2005). Em função deste fator, não é recomendada a instalação de nenhum empreendimento fora da zona estuarina. Mesmo ocasionalmente com os ventos do quadrante sul ampliando a área de influência da água marinha.

Cabe salientar que a zona estuarina está localizada na porção sul da Lagoa dos Patos, normalmente com limites norte entre a Ponta da Feitoria ( $31^{\circ}42'S$  e  $52^{\circ}02'W$ ) e a Ponta dos Lençóis ( $31^{\circ}48'S$  e  $51^{\circ}50'W$ ). Porém em anos atípicos, como os proporcionados pelo fenômeno climático La Niña, este limite pode se estender mais ao norte. Por outro lado, em anos de El Niño, a zona estuarina pode migrar para a porção sul.

Outro motivo da criação dessa zona de exclusão foi à presença de grande extensão de cultivos de arroz. Pelo fato de ser uma atividade já consolidada e por ser considerada uma importante fonte de renda na região, buscou-se assim evitar possíveis conflitos de uso.

Sendo que, a incorporação de áreas para atividades aquícolas deve ser realizada com cautela para se evitar a máxima de que a carcinocultura afeta mais a segurança alimentar e poluição de ecossistemas, do que a geração de renda e produção de alimentos. Rajitha et al. (2007) e Gowing & Ocampo-Thomason (2007), observaram a conversão de áreas destinadas à agricultura, principalmente cultivos de arroz, em viveiros de camarão em várias partes do globo.

Hossain et al. (2007) em estudos realizados em Bangladesh, apresentam uma visão um pouco diferente, relatando que pastagens subutilizadas exclusivamente por búfalos e bovinos poderiam ser convertidas em pisciculturas, tendo um benefício ambiental e econômico muito maior. Prein e Ahmed (2000) descrevem que em muitos países da África, a "estaçao da fome" é comum e em tais épocas, que são recorrentes, ocorrem períodos de estresse familiar grave. Assim, empreendimentos aquícolas podem ser idealizados e planejados para fornecer alimento para combater a suboferta usual de nutrientes essenciais. De qualquer forma, a possibilidade de desenvolvimento e diversificação da atividade econômica e a decisão de converter pastagem em áreas aquícolas, estão inteiramente relacionadas à segurança alimentar e aspectos sociais.

Quanto às áreas caracterizadas com a presença de reflorestamento (Pinus), elas foram classificadas como propícias, mas com a ressalva de que são consideradas menos desejáveis no tocante a implantação da atividade. O motivo dessa separação também segue a premissa de ser uma atividade já consolidada e por ser considerada uma importante fonte de renda na região, buscando-se assim evitar possíveis conflitos de uso. Mesmo assim representam um importante espaço territorial que pode ser destinado, num futuro, para a implantação/desenvolvimento da carcinocultura marinha.

Quanto à utilização do critério tipo de solo (Tabela 1), procurou-se somente utilizar áreas com características de solo compatíveis com a atividade (arenosos, argilosos ou argilo-arenosos), excluindo áreas com teor orgânico elevado e que não são indicadas para a construção de viveiros (Barbieri Júnior & Neto 2002, Peixoto et al. 2005). Assim, quase 24.000 hectares foram considerados impróprios para o desenvolvimento da atividade (Figura 5).

Hossain et al. (2007) observaram que a escolha do tipo de solo é de grande importância no momento da construção de viveiros. Por exemplo, solos muito permeáveis são menos adequados para viveiros escavados, devido à perda de água por infiltração, aumento na demanda por água e bombeamento, com inevitável incremento nos custos produtivos.

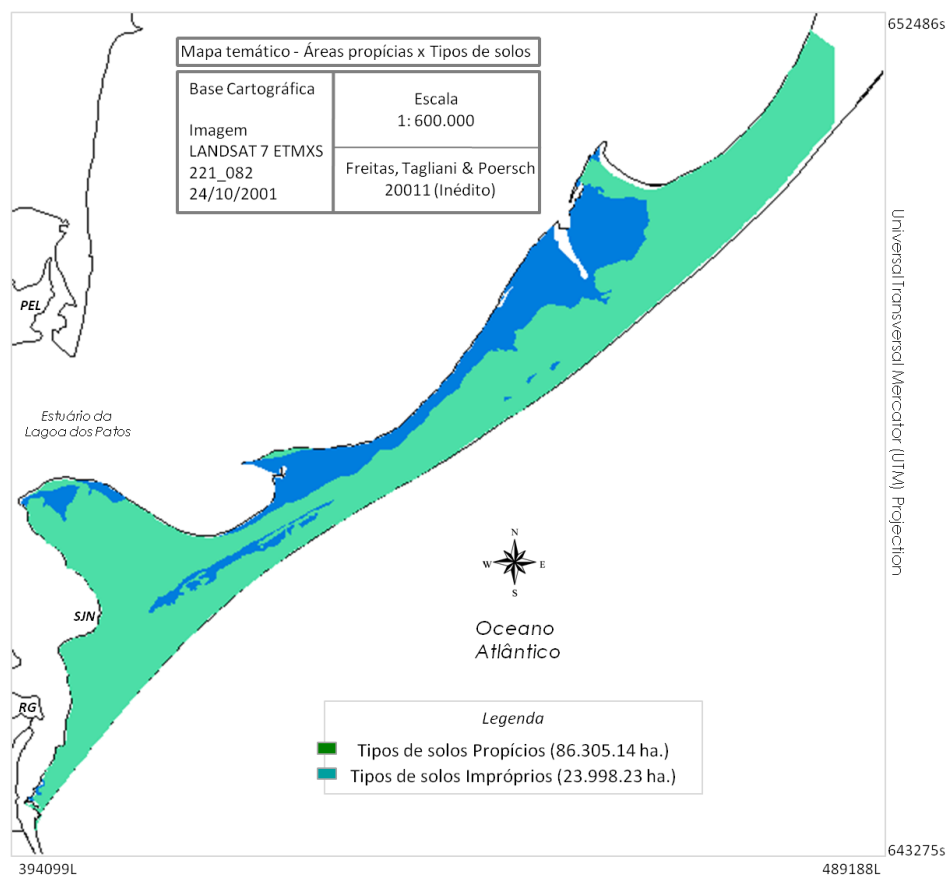


Figura 5. Mapa temático de exclusão quanto ao tipo de solo.



Assim, no presente estudo observou-se que as áreas com alto teor orgânico representaram essencialmente locais com presença de vegetação de marisma, banhados e próximos a corpos d'água, essas áreas anteriormente já tinham sido postas como zonas buffers, isto é, excluídas das áreas aptas (Figura 3). Essa etapa da análise mostrou aos autores que a construção dos buffers anteriormente se mostrou apropriada.

Em relação ao uso do critério capacidade de uso, o estudo buscou utilizar somente áreas com classe de solo maior do que V, que possuem características impróprias para a agricultura ou que demandariam maiores investimentos para sua correção. CUNHA (1994) ressalta que o principal fator restritivo dessas áreas para o uso agrícola é a má drenagem, propiciando apenas a cultura de cebola. Como resultado final desse mapa temático, cerca de 19.000 hectares foram considerados como mais recomendados (64,40%) e cerca de 10.000 como menos desejados (35,60%) (Figura 6).

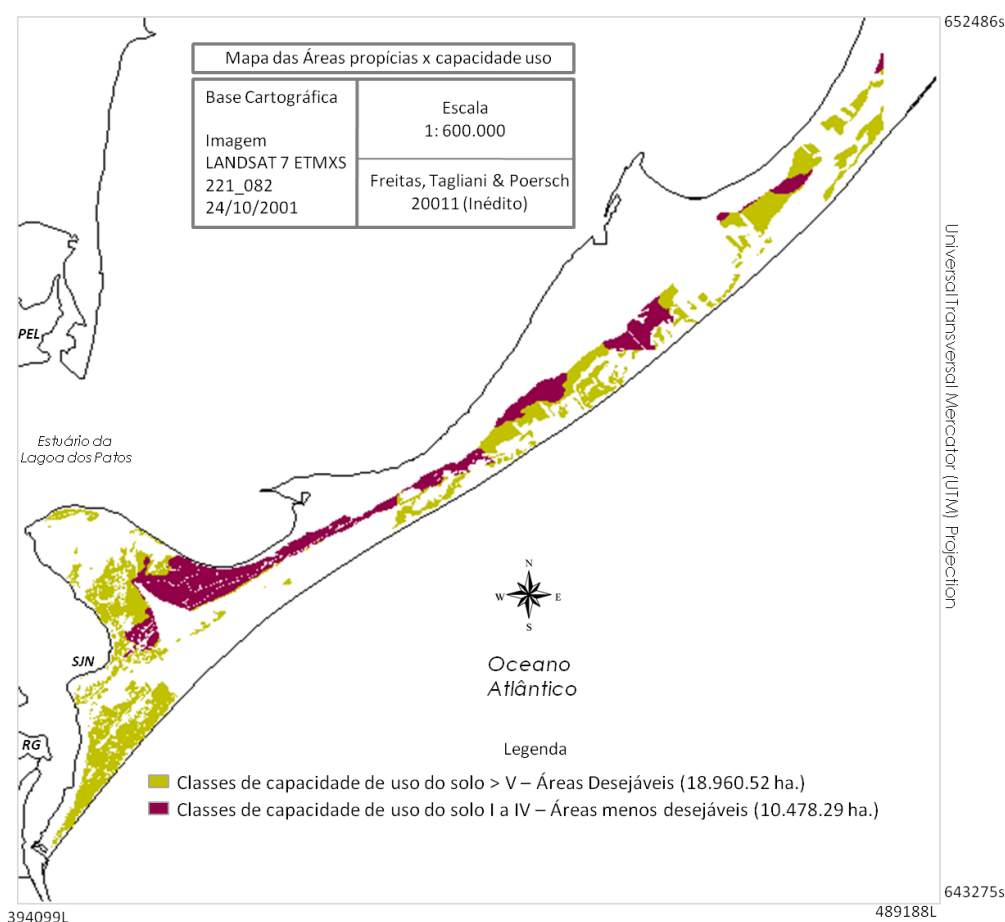


Figura 6. Mapa temático representando as classes de capacidade de uso do solo local.

A partir da definição das áreas propícias, utilizou-se o critério referente à distância da fonte de água (Lagoa dos patos e Oceano Atlântico) para locais destinados a construção de viveiros (Figura 7). Justifica-se a utilização deste critério devido aos

altos custos de captação e construção do sistema de distribuição de água em um empreendimento aquícola. Fato que pode vir a inviabilizar a implantação e desenvolvimento do mesmo (Lee & Wickins 1997).

Corroborando com a necessidade de inclusão desse critério em estudos de seleção de áreas aquícolas, a disponibilidade de água é o critério ambiental mais importante a se analisar (Pérez et al. 2003, Dennis et al. 2004, Salam et al. 2005). Por exemplo, em um estudo de planejamento da aquicultura realizado no Vietnã, GIAP et al. (2005) consideraram esse fator como de grande relevância. Para isso, no presente estudo expedições de campo foram realizadas para aferição do mapeamento realizado.

Como resultado obteve-se, para o critério áreas propícias vs. distância de fonte de água, mais de 4.500 hectares com condições excelentes para implantação da atividade (12,79% do total das áreas propícias). Outros 6.800 hectares (19,39%) foram considerados com boa condição para implantação de cultivos e 7.500 hectares considerados na margem do aceitável (21,22%). O restante da área, pouco mais de 16.000 hectares (46,6%), foi avaliada como não recomendadas para a aquicultura.

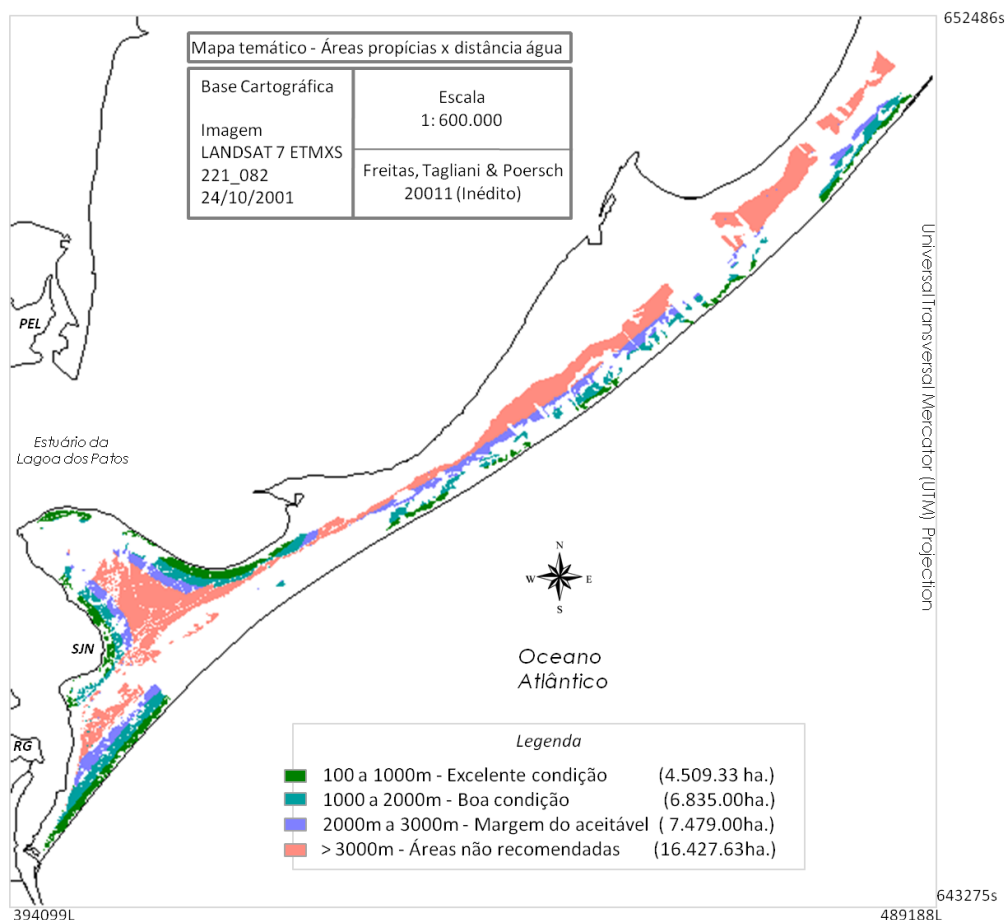


Figura 7. Mapa temático representando a escala de atratividade para o critério distância da captação de água (Lagoa dos Patos e Oceano Atlântico).

Com relação à distância de vias públicas, esse critério também foi utilizado para evitar problemas com escoamento da produção e aquisição de insumos (Salam et al. 2005) (Figura 8). A construção desse critério tomou como base principal a rodovia BR-101 que cruza o município de norte a sul, bem como estradas vicinais com ou sem pavimento. Sendo que, as estradas foram avaliadas como sendo de boa dirigibilidade, mesmo as não pavimentadas.

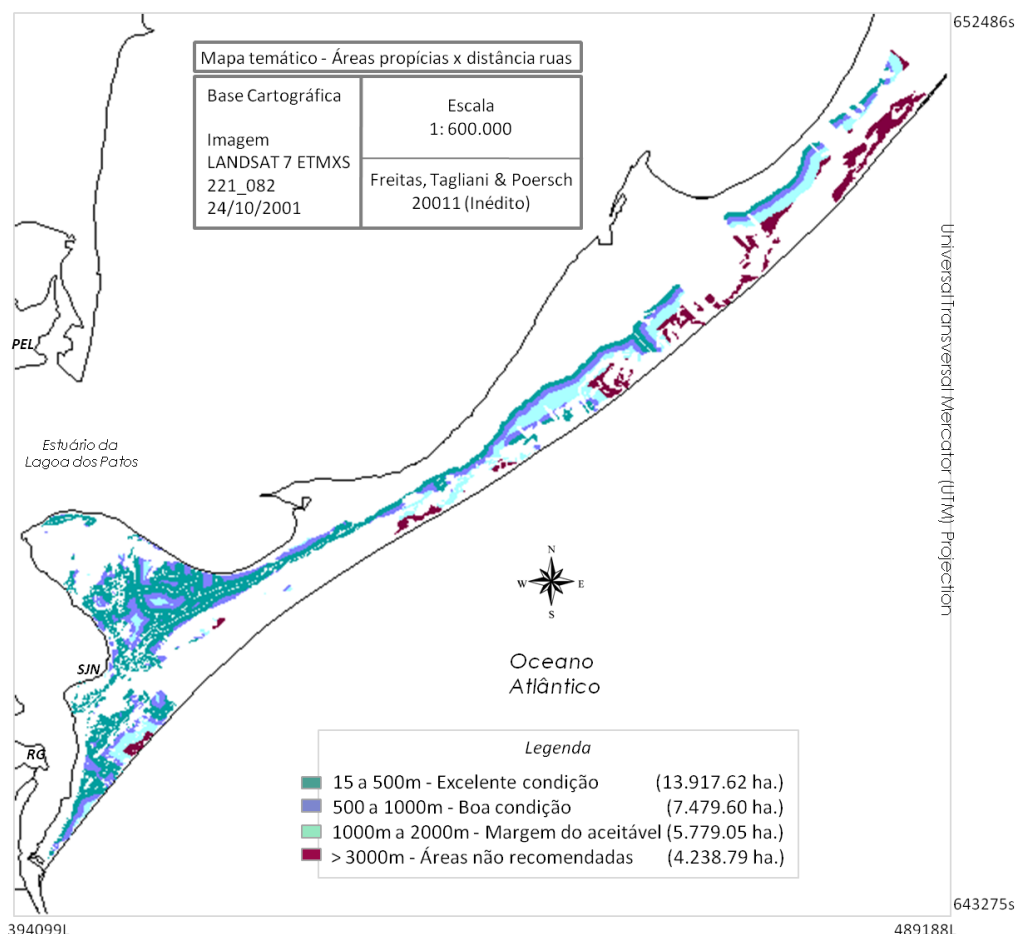


Figura 8. Mapa temático representando a escala de atratividade para o critério distância de vias públicas.

Assim, quando analisamos o critério áreas propícias vs. distância de vias públicas, pouco menos 14.000 hectares foram considerados com condições excelentes para implantação da atividade (44,30%). Cerca de 7.500 hectares com boa condição (23,81%) e 5.800 hectares considerados na margem do aceitável (18,40%). Por último, áreas avaliadas como não recomendadas constituíram mais de 4.200 hectares (13,49%).

Quando comparada a área total descrita em excelente condição para a atividade na região com outros estudos, observamos que a quantidade em hectare encontrada é considerável. Por exemplo, Giap et al. (2005) relatam que em seu estudo na província

de Haiphong no Vietnam, estimou-se que cerca de 30% (2.604 ha) do total da área disponível, foi altamente apropriada para cultivo de camarões. Principalmente em se tratando que a área existente já utilizada para o cultivo era de apenas 1.690 ha.

Quanto a grande fração encontrada como não recomendada pelo critério distância para a captação de água (46,60%) e os distintos valores obtidos como não recomendados (13,49%), considerando o critério distância de estradas, corroboram com a afirmação de que para diferentes critérios teremos diferentes resultados e que somente uma análise individual, sem considerar outros critérios em conjunto (escala de atratividade), não credencia e não assegura que uma determinada área é realmente apta para qualquer atividade econômica.

Ao final da construção dos mapas temáticos referentes a distâncias vs. áreas propícias, alguns critérios, como por exemplo, declividade do solo e temperatura (não cultivando no inverno), permitiu constatar que essas variáveis não apresentavam diferenças significativas (localmente) que pudessem interferir no processo de decisão sobre a maior ou menor atratividade das áreas aptas. Com isso, foram inclusos no trabalho somente como critérios descritivos e de suporte.

Outro critério descritivo foi referente à distância para mercados consumidores. Como resultado de análise pode-se dizer que a produção gerada pelos cultivos no município será destinada ao município de Porto Alegre e pequena parte é consumida localmente e/ou vai para o município de Rio Grande. Já a distância até a capital do Estado é de cerca de 310 km e até Rio Grande o traslado é feito através de barco (cerca de 5 km). O fato de o principal centro consumidor ser distante não inviabiliza a comercialização, desde que seja feita uma despesca, armazenamento e transporte de forma higienicamente correta.

Considerando que todos os critérios tinham seus mapas temáticos elaborados no estudo, foi feita a sobreposição (overlay) destas informações, resultando em um mapa de atratividade final e destacando as áreas propícias para o cultivo de camarões marinhos em viveiros em São José do Norte (Figura 9). Trabalho semelhante foi realizado por Hossain e Lin (2001), em seu estudo também utilizaram a metodologia de distinção de áreas em diferentes zonas de atratividade, ou seja, de mais atrativas, até não recomendadas. Iniciativa que pôde fornecer informações importantes, permitindo que potenciais investidores identificassem zonas adequadas para o cultivo de tilápia do Nilo em Sitakunda, Bangladesh.

Como resultado, obteve-se um mapa com a escala de atratividade variando de prioridade 1 a 4, sendo que cerca de 5.300 ha (16,84%) foram considerados com

características mais atrativas, isto é, com excelentes condições; cerca de 14.600 ha (46,78%) com condições boas; cerca de 10.600 ha (33,95%) na margem do recomendado para a atividade; e por último, uma pequena fração, cerca de 760 ha. (2,43%) como áreas aptas, mas não recomendadas.

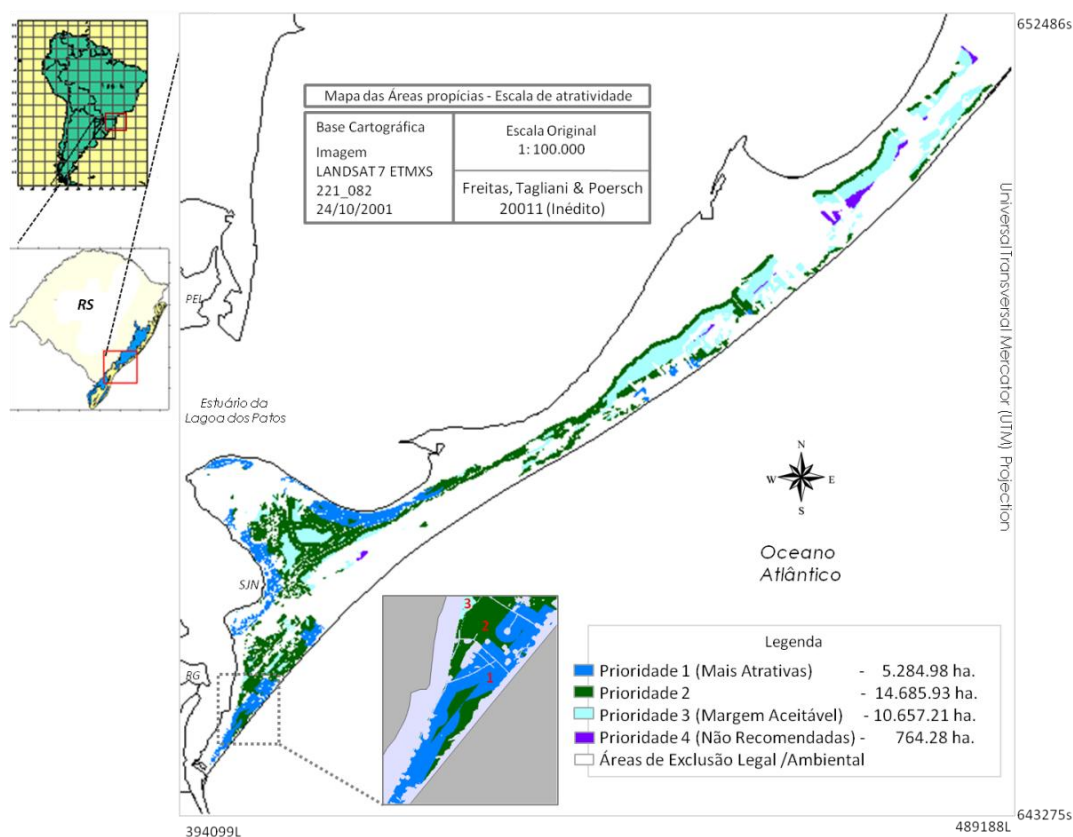


Figura 9. Mapa de atratividade final - cultivo de camarões marinhos em viveiros (SJN).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise das características geomorfológicas, disponibilidade de água, acessibilidade a mercado e insumos, mão de obra disponível, eletrificação e suporte técnico na região do estudo, indicaram uma condição amplamente favorável a carcinocultura marinha em viveiros de terra. As áreas classificadas com potencial alto e médio podem manter um ótimo nível de produção, e, mesmo as áreas consideradas de baixo potencial, com diferentes demandas de investimento, podem alcançar os mesmos patamares produtivos.

Por último, salienta-se que o uso das ferramentas disponíveis de SIG é eficaz no auxílio de tomada de decisão, especialmente no planejamento de usos da zona costeira. Talvez a maior contribuição dessas ferramentas seja o fato de que são flexíveis o

suficiente para incorporar os aportes técnicos de várias áreas do conhecimento para a tomada de decisão.

A partir de uma base georreferenciada, é possível modelar as opções levando em conta também à percepção da comunidade envolvida como o assunto em foco. Isso diminui a subjetividade e valida de modo bastante democrático a tomada de decisão no processo de planejamento ambiental.

## **REFERÊNCIAS**

---

AGUILAR-MANJARREZ, J, ROSS, LG. 1995. Geographical information system (GIS) environmental models for aquaculture development in Sinaloa State, Mexico. *Aquacult Int.* 3, 103-115.

ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL. 2003, Fundação João Pinheiro (FJP-MG).

BARBIERI JÚNIOR, RC & NETO, AO. 2002. *Camarões marinhos: Engorda. 370p., Aprenda Fácil, Viçosa, Brazil. (ISBN-85: 88216-16-7).*

BELTRAME, E, BONETTI FILHO J & BONETTI, C. 2006. Pre-selection of areas for shrimp culture in a subtropical Brazilian lagoon based on multicriteria hydrological evaluation. *J Coastal Res*, v. SI39:1838-1842.

BUITRAGO, J, RADA, M, HERNÁNDEZ, H & BUITRAGO, E. 2005. A single use site selection technique, using GIS, for aquaculture planning: choosing locations for mangrove oyster raft culture in Margarita Island, Venezuela. *Environ. Manage.* 35, 544–556. (doi:10.1007/s00267-004-0087-9)

CHEN, S, CHEN, L, LIU, Q, LI, X, TAN, Q. 2005. Remote sensing and GIS-based integrated analysis of coastal changes and their environmental impacts in Lingding Bay, Pearl River Estuary, South China. *Ocean Coast Manage*, 48:65–83.

CLOSS, D. 1962. Foraminíferos e tecamebas da Lagoa dos Patos (RGS). *Bol. Esc. Geol. da UFRGS. Porto Alegre*, 11: 1-51.

CORBIN, J, YOUNG, L. 1997. Planning, regulation and administration of sustainable aquaculture. *Sustain. Aquacult.* 201-223.

CORDAZZO, CV, SEELIGER, U. 1998. Guia Ilustrado da Vegetação Costeira do Extremo Sul do Brasil. Rio Grande : Editora da FURG, 275 p.

DENNIS, M, TAMMY, T, BALDWIN, K, KEVIN, F. 2004. Aquaculture development potential in Arizona: a GIS-based approach. *World Aquac.* 34(4):32-35.

DE OLIVEIRA AO & CALLIARI LJ. 2006. Morfodinâmica da Praia do Mar Grosso, São José do Norte/RS. *Gravel (Porto Alegre)*, v. 4, p. 23-36.

FAO, TECHNICAL COOPERATION PROGRAMME. 1997. Support to special plan for prawn and shrimp farming - Site selection towards sustainable shrimp aquaculture in Myanmar. Based on the Work of Charles L. Angell. Bangkok.

FIGUEIREDO, AS, CALLIARI, LJ. 2006. Sedimentologia e suas Implicações na morfodinâmica das Praias adjacentes às desembocaduras da linha de costa do Rio Grande do Sul. *Gravel (Porto Alegre)*, v. 4, p. 73-87.

FRANKIC, A. 1998. A framework for planning sustainable development in coastal regions: an island pilot project in Croatia. Dissertation p.124; Virginia Institute of Marine Science, Library. (<http://web.vims.edu/library/Frankic/Frankic.pdf>)

FREITAS, RR, VINATEA, L, NETTO, S. 2009. Analysis of the marine shrimp culture production chain in Southern Brazil. *An. Acad. Bras. Ciênc*, 81: 287-295.

GARCIA, CAE. 1998. Características hidrográficas, p. 18-21. In: U. Seeliger, C. Odebrecht & J.P. Castello [Eds], *Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil*. Editora Ecoscientia. Rio Grande, Brasil.

GESAMP (IMO/FAO/UNESCO-IOC/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP Join group of experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). 2000. Principality of Monaco, Report of the 30th Session, May 22-26. Rep. Stud. GESAMP no. 69, 68pp.

GIAP, DH, YI, Y & YAKUPITIYAGE, A. 2005. GIS for land evaluation for shrimp farming in Haiphong of Vietnam. *Ocean Coast Manage*, 48(1):51-63. (doi:10.1016/j.ocecoaman.2004.11.003)

GOWING, J & OCAMPO-THOMASON, P. 2007. Exploratory analysis of the comparative environmental costs of shrimp farming and rice farming in coastal areas. In: BARTLEY, DM, BRUGÈRE, C, SOTO, D, GERBER, P & HARVEY, B. (ed.). *Comparative assessment of the environmental costs of aquaculture and other food production sectors: methods for meaningful comparisons*. FAO/WFT Expert Workshop. 24-28 April 2006, Vancouver, Canada. *FAO Fisheries Proceedings*. No. 10. Rome, FAO. 2007. pp. 201–220.

HOSSAIN, MS, CHOWDHURY, SR, DAS, NG & RAHAMAN, MM. 2007. Multi-criteria evaluation approach to GIS-based landsuitability classification for tilapia farming in Bangladesh. *Aquacult Int*, 15:425–443 (doi:10.1007/s10499-007-9109-y)

HOSSAIN, MS, LIN CK, DEMAINE H, TOKUNAGA M & HUSSAIN MZ. 2001. Integrated GIS and Remote Sensing approaches for suitable shrimp farming area selection in the coastal zone of Bangladesh. *Asia-Pacific Rem Sens GIS J* 14:33-39.

KAPETSKY, JM, HILL, JM, WORTHY, LD & EVANS, DL. 1988. A geographical information system for catfish farming development. *Aquaculture*, 68(4):311-320. (doi:10.1016/0044-8486(88)90245-1)

KARTHIKA, M, SURIB, J, NEELAM S, BIRADAR, RS. 2005. Brackish water aquaculture site selection in Palghar Taluk, Thane district of Maharashtra, India, using the techniques of remote sensing and geographical information system. *Aquacult Eng*, 32:285–302.

LEE, DOC & WICKINS, JF. 1997. *Cultivo de crustáceos*. 466p., Acribia, S.A., Zaragoza, Espanha.



LEI Nº 4.771, DE 15 DE SETEMBRO DE 1965. Novo Código Florestal. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L4771compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4771compilado.htm)> Acesso em: 31 de maio de 2011.

PÉREZ, OM, TELFER, TC, BEVERIDGE, MCM & ROSS, LG. 2002. Geographical Information Systems (GIS) as a Simple Tool to Aid Modelling of Particulate Waste Distribution at Marine Fish Cage Sites. *Estuar Coast Shelf S*, 54:761–768.

PÉREZ, OM, TELFER, TC & ROSS, LG. 2003. Use of GIS-Based Models for Integrating and Developing Marine Fish Cages within the Tourism Industry in Tenerife (Canary Islands). *Coast Manage*, 31(4):355-366. (doi:10.1080/08920750390232992)

PEIXOTO, S, WASIELESKY JR, W, CAVALLI, RO, SANTOS, MHS & POERSCH, LHS. 2005. Diretrizes para o desenvolvimento responsável da carcinicultura na região do estuário da Lagoa dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil. *Gerenciamento Costeiro Integrado, Itajaí, UNIVALI*, 4:1-4.

POLI, CR, BORGHETTI, JR & GRUMANN, A. 2000. Situação Atual da Aqüicultura na Região Sul. In: Poli, C.R. & Grumann, A. (eds.), *Aqüicultura no Brasil: Bases para um desenvolvimento sustentável*, pp. 323-351, Florianópolis, Brazil.

PREIN, MARK & AHMED, MAHFUZ. 2000. Integration of aquaculture into smallholder farming systems for improved food security and household nutrition. *Food Nutr Bull*, 21:4.

PRIMAVERA, JH. 2006. Overcoming the impacts of aquaculture on the coastal zone. *Ocean Coast Manage*, 49:531–545.

RAJITHA, K, MUKHERJEE, CK & CHANDRAN, RV. 2007. Applications of remote sensing and GIG for suitable management of shrimp culture in India. *Aquacult Eng*, 36:1-17. (doi:10.1016/j.aquaeng.2006.05.003)

RADIARTA, IN, SAITOH, S & MIYAZONO, A. 2008. GIS-based multi-criteria evaluation models for identifying suitable sites for Japanese scallop (*Mizuhopecten yessoensis*) aquaculture in Funka Bay, southwestern Hokkaido, Japan. *Aquaculture*, 284(1-4):127-135. (doi:10.1016/j.aquaculture.2008.07.048)

REIS, EG, D'INCAO, F. 2000. The present status of artisanal fisheries of extreme Southern Brazil: an effort towards community based management. *Ocean Coast Manage*, 43: 585-595.

SALAM, MA, ROSS, LG & BEVERIDGE, CMM. 2003. A comparison of development opportunities for crab and shrimp aquaculture in southwestern Bangladesh, using GIS modelling. *Aquaculture*, 220(1-4):477-494.(doi:10.1016/S0044-8486(02)00619-1)

SALAM, MA, KHATUN, NA & ALI, MM. 2005. Carp farming potential in Barhatta, Upazilla, Bangladesh: a GIS methodological perspective *Aquaculture*, 245(1-4):75-87. (doi:10.1016/j.aquaculture.2004.10.030)

TAGLIANI, CRA. 2003. Mapeamento da vegetação e uso do solo nos entornos do estuário da Laguna dos Patos, RS, utilizando técnicas de processamento digital de imagem do SIG SPRING. *Fatorgis In Box*, p. 7.

TAGLIANI, PRA, SILVA, TS. 2009. As macro funções ambientais e o planejamento espacial da região (In prep.). In: TAGLIANI, PRA. (Org.). *Ecologia da paisagem da restinga da Lagoa dos Patos: uma contribuição para o manejo e conservação da reserva da biosfera*.

TORRES, C & ANDRADE, C. 2010. Processo de decisão de Análise Espacial na selecção de áreas óptimas para a Aquacultura Marinha: O exemplo da Ilha da Madeira. Setembro de 2010. *Revista da Gestão Costeira Integrada* 10 (3):321-330.

**USO DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NO  
PLANEJAMENTO DA CARCINOCULTURA MARINHA  
NO MUNICÍPIO DE RIO GRANDE, RS**

*THE USE OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM IN THE  
PLANNING OF MARINE SHRIMP FARMING IN RIO GRANDE  
CITY, RS*

## RESUMO

---

A área de estudo compreende o município de Rio Grande, (Lat/Long: 32°02'16.39" S / 52°06'28.41" O), Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Região localizada na parte inferior do estuário da Laguna dos Patos, compreendendo uma área total de cerca de duzentos e oitenta mil hectares. Visando a seleção de áreas propícias para a carcinocultura marinha no município e desejando aprimorar os resultados obtidos através de uma classificação puramente em que se consideram áreas restritivas ou com aptidão para a atividade; construiu-se uma escala de atratividade específica para cada critério analisado e onde foram calculadas superfícies de distância a partir das áreas aptas. Como resultado, de acordo com a escala de atratividade (prioridade entre 1 a 4), cerca de 2.100 ha. (24,01% da área considerada como apta) com características mais atrativas, isto é, com excelentes condições; cerca de 3.100 ha. (34,80%) com condições boas; cerca de 3.600 ha. (40,37%) na margem do recomendado para a atividade; e por último, uma pequena fração, cerca de 70 ha. (0,82%) como áreas aptas, mas não recomendadas. Com isso, o estudo foi capaz de demonstrar o potencial do uso da técnica do SIG para a seleção de áreas propícias para a carcinocultura marinha local.

Palavras-chave: Carcinocultura, Lagoa dos Patos, Sensoriamento Remoto, SIG.

## ABSTRACT

---

The study area comprises the city of Rio Grande (Lat / Long: 32 ° 02'16 .39 "S / 52 ° 06'28 .41"W), State of Rio Grande do Sul, Brazil. Region at the bottom of the estuary the Patos Lagoon, comprising a total area of about two hundred and eighty thousand acres. in order to select areas suitable for marine carcinocultura in the city and wanting to improve the results obtained through a classification purely on areas that are considered restrictive or fitness for activity, we constructed a specific scale of attractiveness for each criterion were analyzed and calculated where surfaces away from suitable areas. As a result, according to the scale of attractiveness (priority 1 to 4), about 2,100 ha. (24.01% of the area considered suitable) that is more attractive, ie, with excellent conditions, about 3,100 ha. (34.80%) with good condition, about 3,600 ha. (40.37% ) on the bank of recommended activity and lastly, a small fraction, about 70 ha. (0.82%) as suitable areas, but not recommended. Thus, the study was able to demonstrate the potential use of GIS technique for selection of areas suitable for the local marine carcinocultura.

Keywords: carcinocultura, Lagoa dos Patos, goes back Sensing, GIS

## INTRODUÇÃO

---

A utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) é uma das principais formas de planejar e ordenar o desenvolvimento duradouro da aquicultura em regiões costeiras (Congleton et al. 1999, Nath et al. 2000, Salam et al. 2003, Chen et al. 2005, Karthika et al. 2005).

Giap et al. (2005) relatam que seu estudo foi conduzido para identificar áreas apropriadas para a implantação de cultivos de camarão na província de Haiphong no Vietnam, utilizando Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Eles demonstraram que o modelo de avaliação foi extremamente útil na identificação de áreas propícias e para destinar um possível uso diferente do solo, gerando mais renda e alimento para a população local, e ainda permitindo um manejo produtivo mais sustentável. Com este estudo foi estimado que cerca de 30% (2604 ha) do total da área disponível, em Haiphong, era altamente apropriada para cultivo de camarões, o que representa um incremento da área existente já utilizada para o cultivo, que era de 1690 hectares.

Com isso, No processo de planejamento do desenvolvimento da atividade, a análise espacial constitui um elemento de grande importância, possibilitando identificar possíveis conflitos de uso dos recursos costeiros, minimizar impactos ambientais e socioeconômicos, além de permitir uma alocação mais eficiente do espaço, reduzindo os custos de oportunidade (GESAMP 2000, Corbin & Young 1997, Rajitha et al. 2007).

Assim, visando um uso ambientalmente correto do solo é fundamental que haja um planejamento. O maior benefício disso é a possibilidade de distinguir possíveis conflitos de uso do recurso costeiro (terra e água) e prevenir possíveis impactos ambientais e sociais (Corbin & Young 1997, Rajitha et al. 2007). Neste sentido, o presente estudo se propõe a identificar locais apropriados para o desenvolvimento da carcinocultura no município de Rio Grande, RS, através de técnicas de Sistema de Informação Geográfica - SIG.

## MATERIAL E MÉTODOS

---

### *Área de Estudo*

A área de estudo compreende o município de Rio Grande, (Lat/Long: 32°02'16.39" S / 52°06'28.41" O), Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Região localizada na parte inferior do estuário da Laguna dos Patos, compreendendo uma área total de cerca de duzentos e oitenta mil hectares (Figura 1).

Predominantemente, a economia local está voltada a pesca artesanal, comércio, atividades agropastoris (rizicultura e pecuária) e industriais (portuárias e ligadas ao petróleo). A fisiografia é essencialmente caracterizada por terras baixas, banhados marginais, dunas e praias litorâneas, campos limpos ou subarbustivos com ou sem áreas agrícolas intercaladas, e apresentam pouca variação na declividade (0–0,9m). O município possui precipitação média anual de 1400mm e temperatura média anual entre os 16-20°C (Atlas socioeconômico estado do Rio Grande do Sul, 1999).

### *Coleta e tratamento das informações*

A análise espacial foi realizada a partir de imagem orbital LANDSAT 5 TM, com órbita-ponto 221\_082 de 29/04/2009 (resolução geométrica das imagens de 30 metros), com combinação das bandas 1, 2 e 3, importada para o software Idrisi Andes edition® (ver. 15.01- Clark University), utilizado para a digitalização das informações espaciais diretamente na tela do computador (classificação supervisionada).

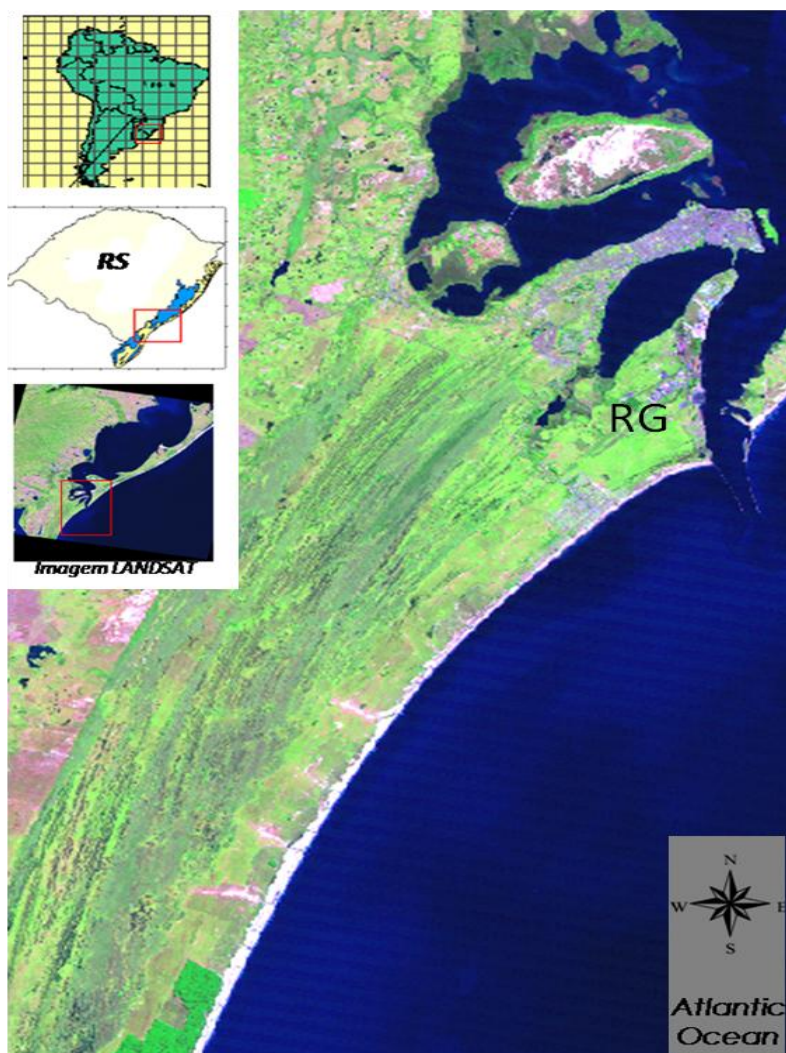


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo (RG: município de Rio Grande)

### *Identificação dos critérios para seleção de áreas*

Diferentes critérios para seleção de áreas apropriadas ao cultivo de camarão têm sido usados, mas os mais utilizados são os que consideram fatores socioeconômicos, infraestrutura e logística, solo, clima, topografia e disponibilidade de água (Beltrame et al. 2006, Giap et al. 2005, Hossain et al. 2007, Radiarta et al. 2008, Salam et al. 2005). No presente estudo, primeiramente foram utilizados critérios restritivos legais para criar áreas de exclusão (inaptas) (Figura 2).



Figura 2. Metodologia para análise de áreas aptas para cultivo de camarões marinhos no presente estudo (Adaptado de Rajitha et al. 2007)

Após a definição dos critérios restritivos legais, os mesmos foram especializados por meio de rotinas específicas do SIG (módulo Buffer), criando zonas tampões (Tabela 1). Em decorrência da exclusão de áreas protegidas e com características ambientais (tipo de solo e salinidade) ou de infraestrutura inaptas para atividade, resultou em uma imagem indicando as áreas aptas e não aptas.

Para se evitar uma simples classificação de áreas aptas e não aptas, foi aplicada uma escala espacial de atratividade com base nos critérios de distância de recursos hídricos, de vias públicas e de capacidade de uso do solo (Kapetsky et al. 1988, Salam et al. 2003).

Também devido à importância dos critérios descritivos (Figura 2), tais como, existência de eletrificação, facilidade de acesso, poluição e temperatura das águas, dentre outros que não foram especializados (Tabela 1), estes serviram para complementar a análise final, conforme sugerido por Frankic (1998). Por último, após análise em laboratório, foram feitas verificações in loco (saídas em campo), antes e depois da digitalização dos mapas, contemplando toda a região do estudo.

Tabela 1. Referencial sobre a seleção dos critérios de atratividade e restrição adotada para cultivos de camarões marinhos em viveiros escavados.

Critérios	Atratividade (factors)	Restritivos (constraint)
	<i>Ambientais</i>	
<b>Temperatura</b>	Verão e Primavera com temperatura média superior a 25°C durante a fase final de engorda (Peixoto et al. 2005).	Inverno e outono O cultivo de <i>L. vannamei</i> é afetado por temperaturas menores que 19°C (Peixoto et al. 2005).
<b>Salinidade</b>	15 – 25 (18 - 22) (Barbieri & Neto 2002, Poli et al. 2000)	Valores <10 ou >25 (Barbieri & Neto 2002, Poli et al. 2000)
<b>Declividade/ Elevação</b>	Localmente está entre 0 -5% (Tagliani 2003). É considerada aceitável entre 1 – 10m acima do nível do mar. (Barbieri & Neto 2002, Giap et al. 2005, Hossain et al. 2001, 2007)	Declividade acentuada. > 10m. (Giap et al. 2005, Hossain et al. 2001, 2007)
<b>Tipo de Solo</b>	Conteúdo de argila em torno de 15-25%; alta plasticidade; teores baixos (2-4%) ou médios de matéria orgânica e ph próximo ao neutro. Solos não orgânicos (arenosos, argilosos ou argilo-arenosos) com boa capacidade de agregação. (Barbieri & Neto 2002, Poli et al. 2000 )	Solos ricos em matéria orgânica (cerca de 20%); solos sulfurosos-ácidos (orgânicos tiomórficos). (Barbieri & Neto 2002, Giap et al. 2005)
<b>Direção e Regime de vento</b>	Localmente é forte o regime de ventos provenientes do quadrante nordeste durante o período de verão (Garcia 1998). Garantindo assim uma boa movimentação das águas superficiais e elevação dos níveis de oxigênio dissolvido na água nos viveiros (Peixoto et al. 2005).	Ausência ou diminuição acentuada de/prolongada da ação de ventos.
<b>Capacidade de Uso (Classe de Solo) Vegetação</b>	Solos preferencialmente de classe > V, preservando solos nobres para agricultura. Custo de oportunidade menor possível.  Campos Litorâneos e/ou Dunas obliteradas. (Peixoto et al. 2005)	Classe de solo < V  Áreas de proteção ambiental (Marisma, banhado, restinga e dunas). Também deverão ser criadas zonas tampão “Buffer” de 15m a partir das APP (Lei Fed. Nº4771/1965 código florestal).
<b>Disponibilidade de água</b>	Excelente condição: 100 - 1000m; Boa: 1000 - 2000m; e na margem do aceitável (Razoável): 2000 - 3000m (Beltrame et al.	Áreas não recomendadas com distância > 3000m (Beltrame et al. 2006, Giap et al. 2005). Deverá ser criada uma zona tampão “Buffer” de 30m



(Acesso) 2006, Giap et al. 2005)

para cursos d'água <10m de largura e 100m além da área sujeita a alagamento sazonal da Lagoa dos Patos. (Lei Fed. Nº4771/1965 código florestal).

---

***Socioeconômicos e Logística / Infraestrutura***

---

<b><i>Eletrificação</i></b>	Disponível e Perto do empreendimento (Poli et al. 2000) Excelente condição: 1 - 200m; Boa: 200 - 500m; e na margem do aceitável (Razoável): 500 - 750m (Salam et al. 2005, Hossain et al. 2007).	Inexistente e Longe do empreendimento (Áreas não recomendadas com distância > 750m).
<b><i>Vias públicas</i></b>	Boa dirigibilidade; Para estradas não pavimentadas - Excelente condição: 15 - 500m; Boa: 500 - 1000m; e na margem do aceitável (Razoável): 1000 - 2000m (Giap et al. 2005, Salam et al. 2005, Hossain et al. 2007)	Estado ruim de conservação e Áreas não recomendadas com distância > 2000m (Giap et al. 2005, Salam et al. 2005, Hossain et al. 2007). Também deverão ser criadas zonas tampão “Buffer” de 15m a partir das vias públicas (Lei Fed. Nº6766/1979 art. 4º inciso III)
<b><i>Poluição</i></b>	Locais com boa qualidade de água e solo e distância > 100m de edificações e outros empreendimentos aquícolas (autores).	Distância <100m de edificações e outros empreendimentos aquícolas.
<b><i>Mercado consumidor e Mão de obra disponível</i></b>	Distância de mercado consumidor = Excelente condição: 1000-2000m; Boa: 2000- 4000m; Na margem do aceitável > 4000m (Giap et al. 2005, Salam et al. 2005, Hossain et al. 2007). Densidade populacional por km <sup>2</sup> = Excelente condição: <500; Boa: 500-1000; e na margem do aceitável 1000-2000 (Giap et al. 2005, Hossain et al. 2007).	Mercado consumidor distante e mão de obra não disponível localmente (Áreas não recomendadas com distância >2000m) (Giap et al. 2005, Hossain et al. 2007). A não recomendação somente se aplica se não houver um acondicionamento satisfatório do produto (incluem-se caminhão frigorífico, gelo, manuseio e caixas).
<b><i>Serviços disponíveis (insumos e maquinário)</i></b>	Disponível localmente. Distância da larvicultura = Excelente condição: <4000m; Boa: 4000-8000m; Na margem do aceitável >8000m (Giap et al. 2005, Buitrago et al. 2005).	Não disponível localmente.
<b><i>Conflitos por espaço e uso</i></b>	Distante de áreas de pesca, áreas protegidas (APP), áreas de expansão portuária, agropastoril, urbana, industrial e de reflorestamento (Buitrago et al. 2005).	Perto ou em áreas protegidas (APP), áreas de pesca, áreas de expansão portuária, agropastoril, urbana, industrial e de reflorestamento.

---

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente buscou-se definir o uso e cobertura atual do espaço local, onde foram agrupados em classes distintas que incluem: campos litorâneos, áreas alagáveis (banhados), marismas, dunas, mata de restinga, áreas de reflorestamento de pinos, agricultura, vias públicas, área construída e corpos d'água (Figura 3).

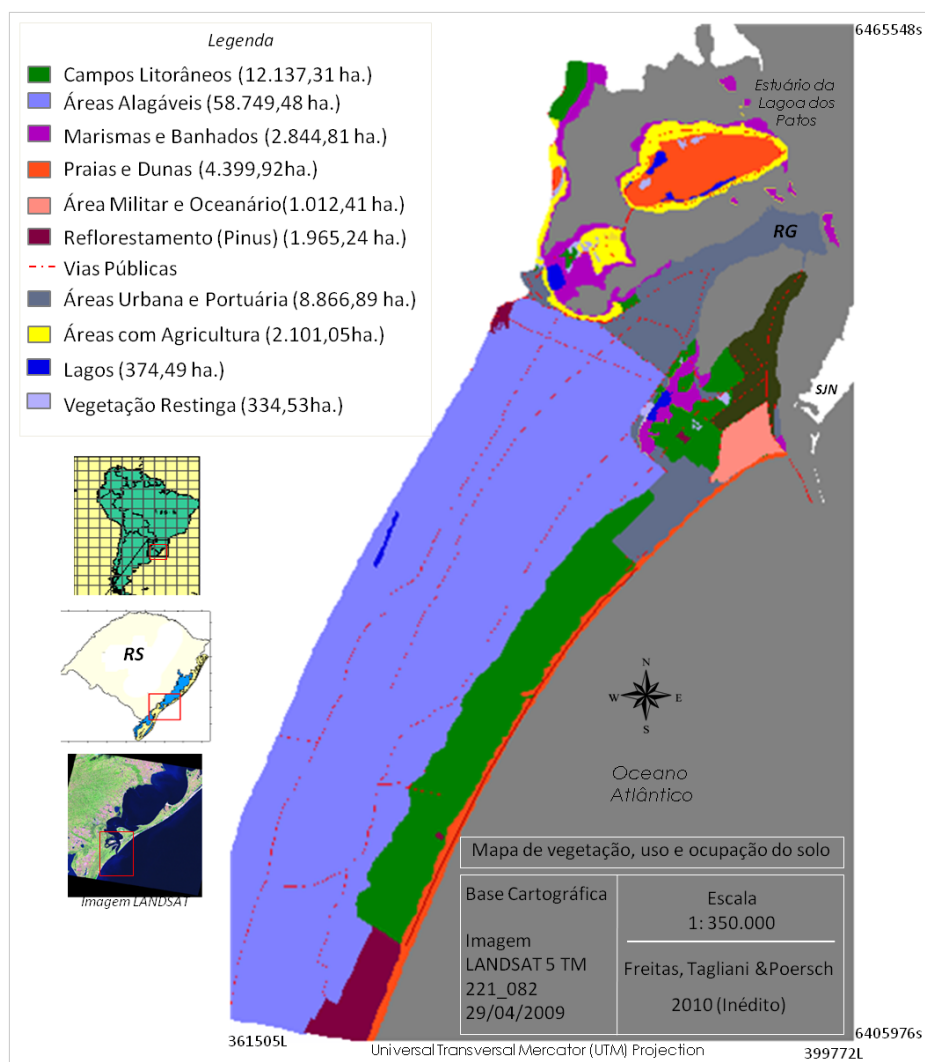


Figura 3. Mapa de vegetação, uso e ocupação do solo.

O agrupamento das distintas classes de uso e cobertura atual do espaço permitiu, num primeiro momento, determinar áreas propícias ou com potencial para a atividade e áreas que legalmente ou ambientalmente seriam impróprias. Por exemplo, os campos litorâneos que ocupam cerca de doze mil hectares são considerados ideais para a carcinocultura marinha (Peixoto et al. 2005), portanto são o alvo prioritário do estudo (Figura 4A).

Essa preliminar classificação tem como objetivo, conforme citado por Rajitha et al. (2007), facilitar uma posterior categorização da imagem em classes de uso ou ocupação do solo e assim direcionar o foco em áreas realmente propícias.



Figura 4. Vista geral de alguns dos diferentes ambientes encontrados no município de Rio Grande, RS. (A: Campos Litorâneos, B: Áreas alagáveis ou sujeitas a alagamento sazonal).

Outras importantes feições presentes na região são: áreas alagáveis ou sujeitas a alagamento sazonal (Figura 4B), incluindo-se áreas de marismas e banhados marginais da Lagoa dos Patos, com cerca de sessenta mil hectares; praias e dunas litorâneas com cerca de quatro mil hectares; adensamentos populacionais e zonas portuárias com cerca de nove mil hectares, dentre as principais.

A partir da definição/classificação da fisiografia local, vários buffers (zonas tampão) foram delimitados de acordo com o estabelecido na legislação federal e estadual, práticas ambientais e nas boas praticas de manejo (Tabela 1). Como resultado, encontrou-se que 9,41% (9.126,81 ha.) do total da área do município de Rio Grande podem ser consideradas propícias para o cultivo de camarões marinhos (Figura 5).

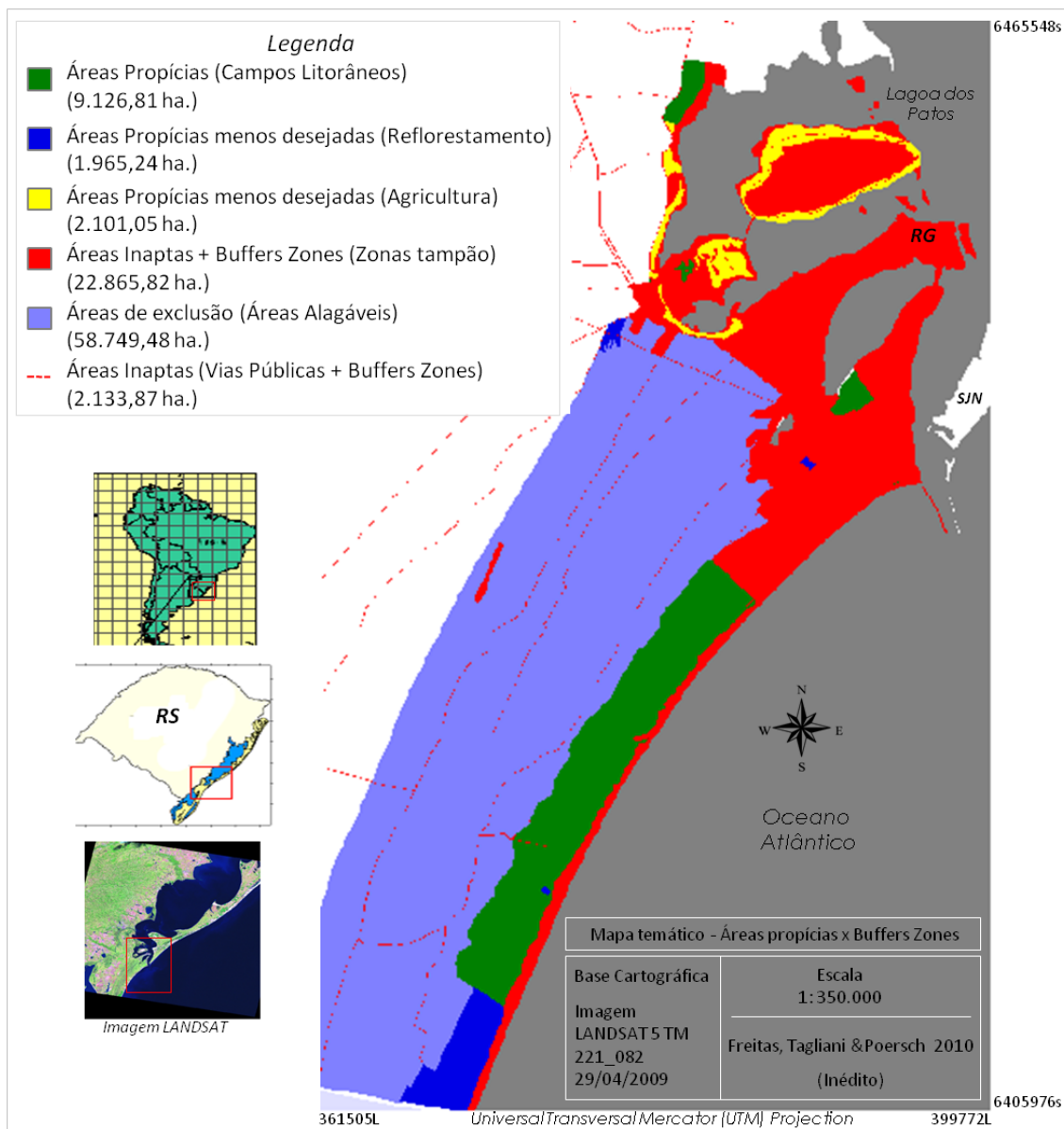


Figura 5. Mapa temático das zonas de exclusão legal e ambiental (Buffers).

Comparando as áreas impróprias com a área total do município, o resultado mostrou-se considerável, isso devido às áreas consideradas inaptas e suas respectivas zonas buffers (23,59%), áreas avaliadas como propícias, mas não prioritárias para investimento imediato (agricultura e silvicultura já consolidadas) (4,20%), e por fim, áreas que foram excluídas (60,60%). Em se tratando dessa grande fração, mesmo ela sendo também campos litorâneos, a mesma não foi considerada como potencial aquícola a partir da saída de campo que a definiu como área alagada ou sujeita a alagamento e devido a distância da fonte de captação de água (Lagoa dos Patos e Oceano Atlântico).

Volcker & Scott, (2008) e Lee & Wickins, (1997), em respectivos estudos, consideraram essencial a integração do critério distância da fonte de água, visando a produção aquícola, em um SIG, isso devido aos altos custos de construção e captação de

água em um empreendimento aquícola, fato que poderia inviabilizar a implantação e desenvolvimento do mesmo.

Especificamente quanto às áreas caracterizadas com a presença de reflorestamento (*Pinus*) e de agricultura, elas foram classificadas como propícias, mas com a ressalva de que são consideradas menos desejáveis no tocante a implantação da atividade. O motivo dessa separação também segue a premissa de ser uma atividade já consolidada e por ser considerada uma importante fonte de renda na região, buscando-se assim evitar possíveis conflitos de uso. Por exemplo, o estado do Rio Grande do Sul é o maior produtor de arroz irrigado (inundado) do país, com mais de seis milhões de toneladas e especificamente o município de Rio Grande produzindo entre dez a cem mil toneladas (IBGE/Produção Agrícola Municipal. Elaboração: SEPLAG/DEPLAN 04/2008).

Mesmo com a potencialidade de ocorrência de conflitos de usos do solo, essas áreas representam um importante espaço territorial que pode ser destinado, num futuro, para a implantação/desenvolvimento de atividades aquícolas, sendo estas consorciadas ou não (Figura 5). Por exemplo, podemos citar a possibilidade de desenvolvimento na região da rizipiscicultura, que é um sistema sustentável e é caracterizado pelo cultivo consorciado de arroz irrigado e criação de peixes, sem o uso de agrotóxicos e o uso de adubo mineral solúvel, que possibilita a redução do uso de máquinas na preparação dos viveiros (Marcantonio 2007).

Em se tratando da rizicultura, a atividade tem grande importância social e econômica para o estado do Rio Grande do Sul, envolvendo ao redor de vinte cinco mil famílias, com valor bruto de produção estimada em 3,9 bilhões de reais (Righes 2000). Entretanto, a atividade demanda uma grande extensão de área e volume de água, o que representa um alto custo produtivo, ineficiência do uso de água doce e emissão de poluentes para os mananciais carregados de defensivos agrícolas (Righes 2000).

Conforme relatado por diversos autores, a disponibilidade de água é o critério ambiental mais importante quando consideramos a seleção de áreas aptas para aquicultura (Pérez et al. 2003, Dennis et al. 2004, Salam et al. 2005, Freitas et al. 2009). Principalmente se considerarmos que a espécie localmente cultivada (*Litopenaeus vannamei*) não compete por água doce, como o arroz, já que utiliza água salgada ou mixoalina.mixohalina

Portanto, o emprego do critério referente à distância da fonte de água (Lagoa dos patos e Oceano Atlântico) foi determinante na definição dos locais destinados a construção de viveiros (Figura 6). Cabe aqui salientar que este critério também tem

relação com a viabilidade do empreendimento, já que quanto maior a distancia da captação de água, maior é o custo com a captação e distribuição de água até a fazenda de cultivo. Fato que pode vir a inviabilizar a implantação e desenvolvimento do mesmo (Lee & Wickins 1997).

Como resultado, a partir desse critério (áreas propícias vs. distância de fonte de água), aproximadamente dois mil hectares em condições excelentes para implantação da atividade (21,24% do total das áreas propícias). Cerca de 3.000 hectares com boa condição (33,03%). Cerca de 2.700 hectares considerados na margem do aceitável (29,89%). E por último, áreas avaliadas como não recomendadas constituíram mais de 1.400 hectares (15,84%) (Figura 6).

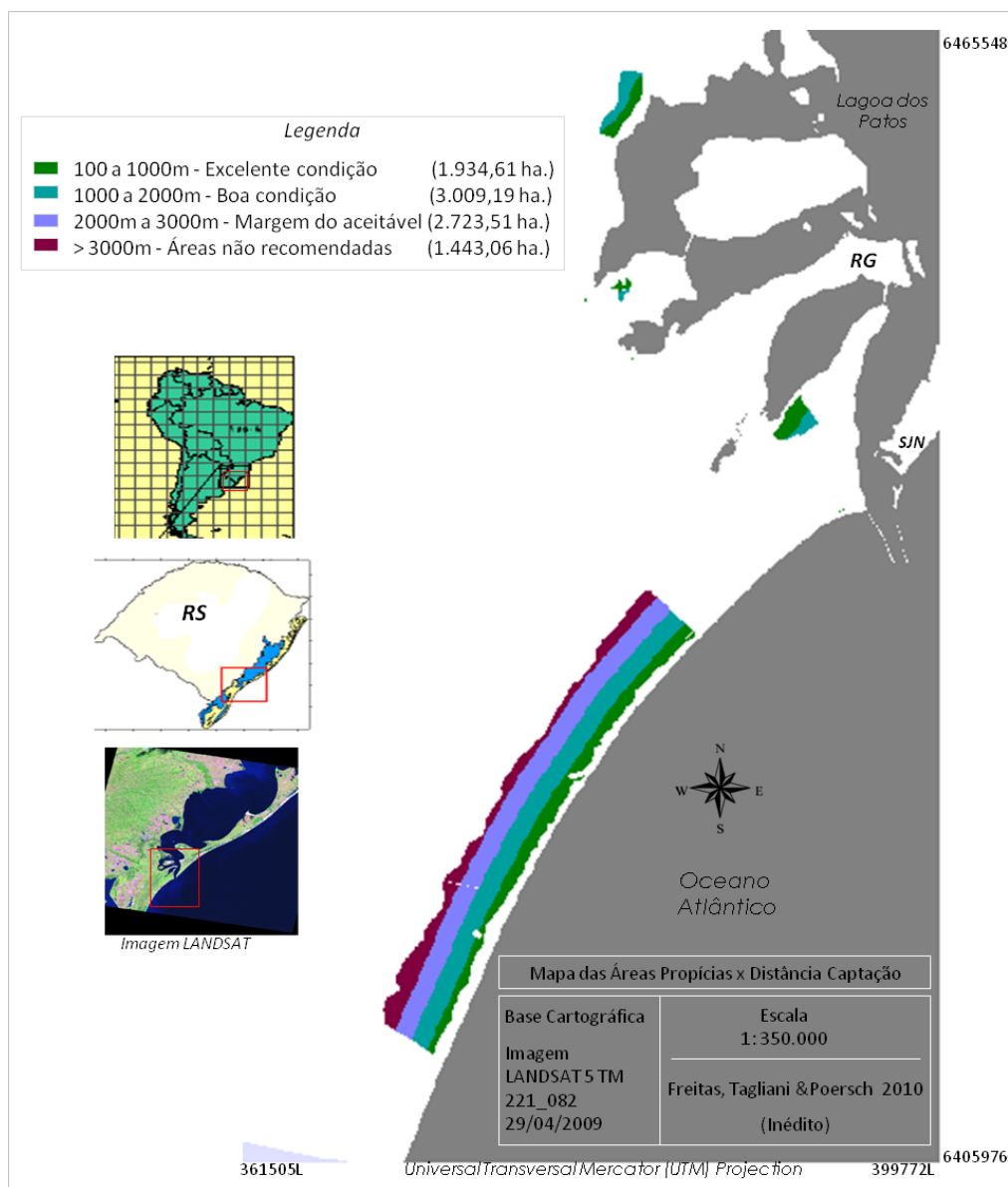


Figura 6. Mapa representando a distância da Lagoa dos Patos e Oceano Atlântico para as áreas apontadas com certo grau de potencial para cultivo

Outro critério analisado foi relacionar as áreas propícias com a distância de vias públicas. Como resultado, cerca de 780 hectares foram considerados em condições excelentes para implantação da atividade (8,54% do total das áreas propícias). Cerca de 930 ha com boa condição (10,25%). Cerca de 2.800 ha considerados na margem do aceitável (31,13%). E por último, áreas avaliadas como não recomendadas constituíram mais de 4500 ha (50,09%) (Figura 7A).

Como esse critério é considerado de grande importância e os resultados não foram os esperados em relação à área total, adicionou-se a praia como outra via destinada a escoamento da produção e de recebimento de insumos (Figura 7B). Considerou-se essa via devido ao fluxo cotidiano de carros que transitam pela mesma sem restrição ao longo do ano (Rosa & Cordazzo 2007). Assim, levando em conta todas às vias públicas somadas a praia, houve uma considerável redução das áreas não recomendadas de 50,09% para 10,93%.

Com relação ao uso do critério capacidade de uso, objetivou-se utilizar somente áreas com classe de solo maior do que V, que possuem características desfavoráveis para a agricultura ou que demandariam maiores investimentos para sua correção. Assim, buscou-se evitar possíveis conflitos de uso na região. Como resultado final desse mapa temático, cerca de 9.000 hectares foram considerados como mais recomendados (Figura 8a). Quanto ao critério tipo de solo (Tabela 2), procurou-se somente utilizar áreas com características de solo compatíveis com a atividade (arenosos, argilosos ou argilo-arenosos), excluindo áreas com teor orgânico elevado (Figura 8b). Como resultado, todos os tipos de solos encontrados (HPd2, HPd4, AQd2, HGPe2), na área considerada apta, se enquadram nessas características de compatibilidade para com a atividade (Tabela 2).



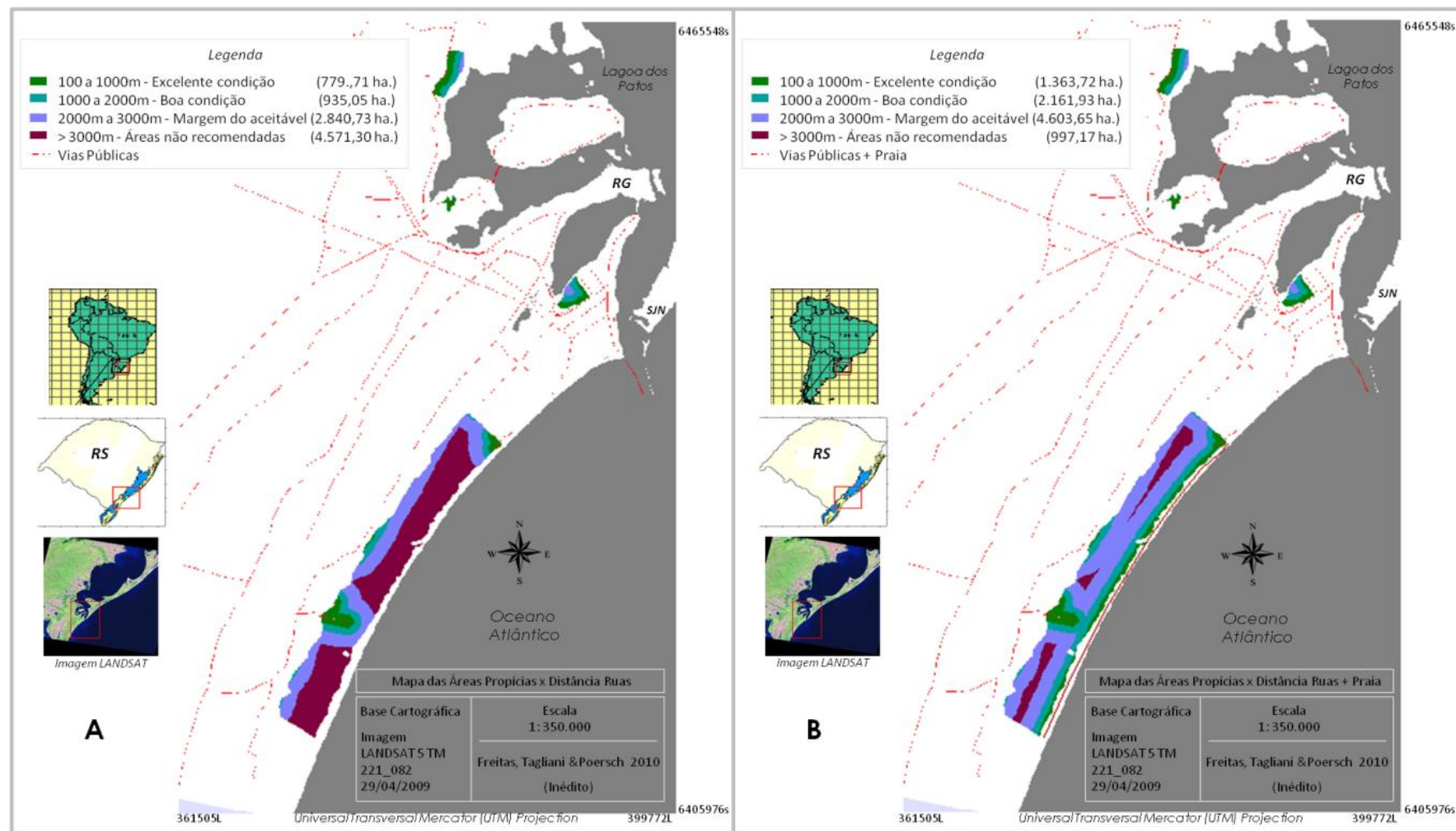


Figura 7. Mapas temáticos representando a escala de atratividade para cada critério analisado (A: Distância das vias públicas sem a praia; B: Distância das vias públicas somando-se a praia).



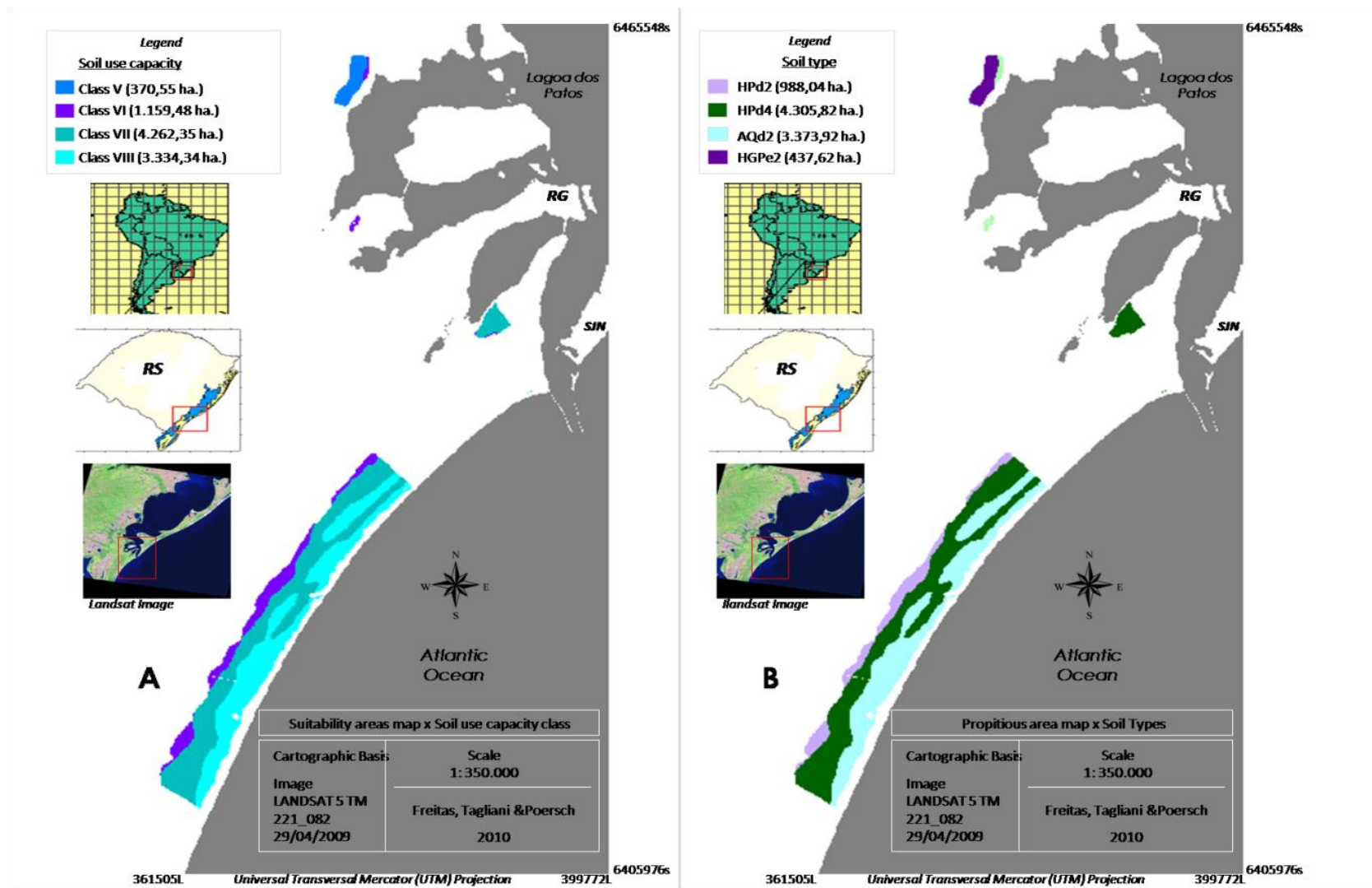


Figura 8. Mapas temáticos representando a escala de atratividade para cada critério analisado. (A: Classes de solo; B: Tipos de solos).

Tabela 2. Considerações sobre os tipos de solos encontrados, nas áreas consideradas aptas para a atividade, na área de estudo.

<i>Legenda</i>	<i>Geomorfologia</i>	<i>Classes de Solos (SBCS e CNPS)</i>
HPd2	Traços de Praia Costeiros	Textura arenosa, relevo plano, vegetação campestre e zonas de alta energia (ondas).
HPd4	Traços de Praia Costeiros	Textura arenosa, relevo plano, vegetação campestre e zonas de alta energia (ondas).
AQd2	Dunas Costeiras	Extensos depósitos arenosos, relevo plano, vegetação campestre, Atualmente, extensos cultivos de Pinus spp são encontrados nessa unidade.
HGPe2	Terras Baixas de Riachos	Textura média/argilosa, relevo plano, vegetação aquática com solo aluvial.

Tabela adaptada de: Cunha et al. 1996. Unidades geomorfológicas, legenda e classes dos solos conforme a Classificação de Solos Usada em Levantamentos Pedológicos no Brasil da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS).

Corroborando com essa análise, as áreas com alto teor orgânico representaram essencialmente locais com presença de vegetação de marisma, banhados e próximos a corpos d'água, essas áreas anteriormente já tinham sido postas como zonas buffers, isto é excluídas das áreas aptas (Figura 5). Com a construção dos diferentes mapas temáticos os critérios referentes à declividade (< 1 metro), temperatura (não cultivando no inverno), tipos de solo e classe de uso, permitiram constatar que essas variáveis não apresentavam diferença significativa (localmente) que pudesse interferir no processo de decisão sobre a maior ou menor atratividade das áreas aptas. Com isso, foram inclusos no trabalho somente como critérios descritivos e de suporte.

A partir da elaboração de todos os mapas temáticos específicos para cada critério, buscou-se criar uma escala de atratividade final voltada para a atividade. Com isso evitou-se uma classificação de áreas restritas (imagens booleanas), e que se enquadraria somente entre a aptidão e a restrição (valores iguais a 1 ou 0) (Figura 9).

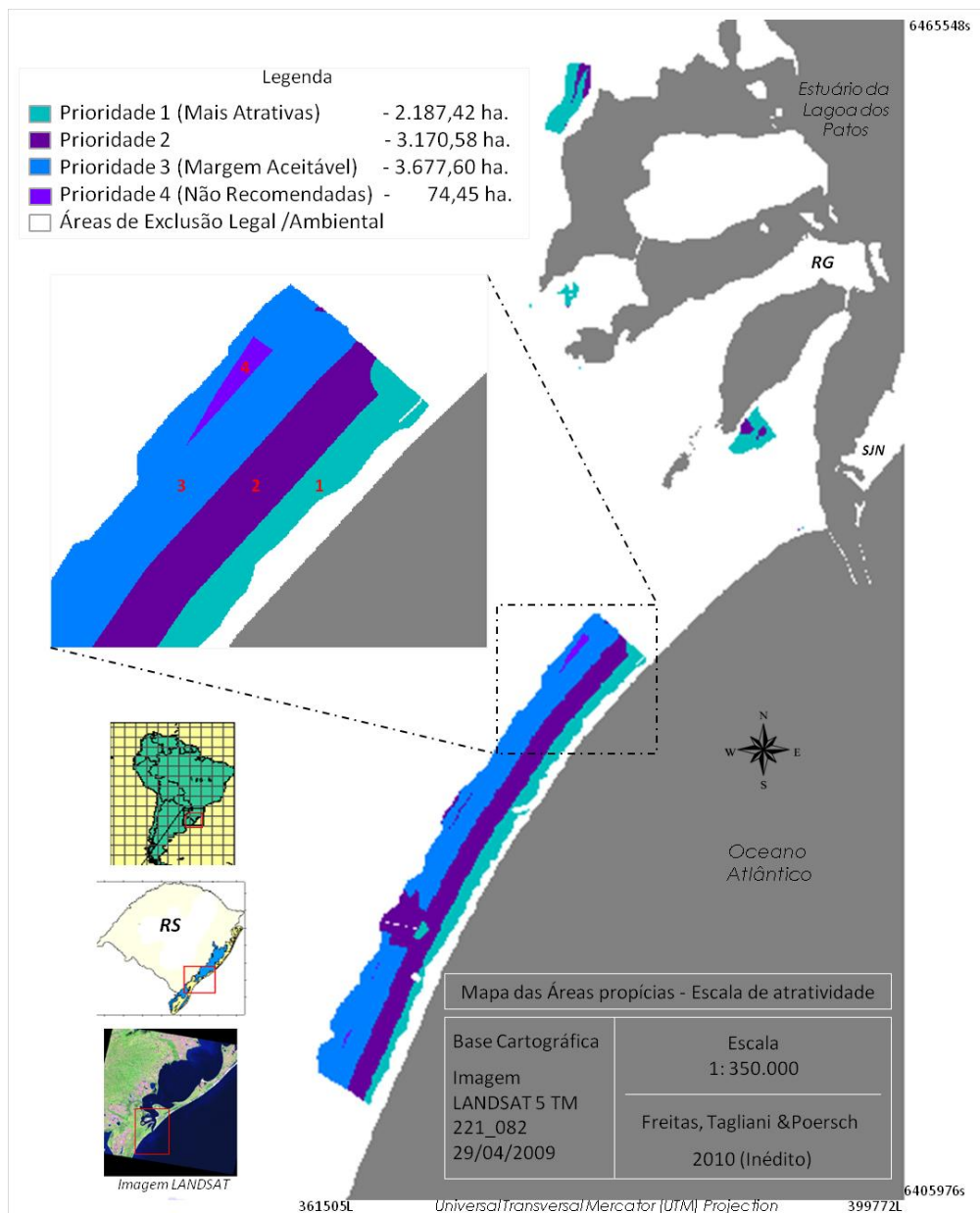


Figura 9. Mapa de atratividade final requerido para a atividade de cultivo de camarões marinhos em viveiros em RG.

Como resultado final, de acordo com a escala de atratividade (prioridade entre 1 a 4), cerca de 2.100 ha (24,01% da área considerada como apta) com características mais atrativas, isto é, com excelentes condições; ao redor de 3.100 ha. (34,80%) com condições boas; cerca de 3.600 ha (40,37%) na margem do recomendado para a atividade; e por último, uma pequena fração, cerca de 70 ha (0,82%) como áreas aptas, mas não recomendadas. Ou seja, áreas essas que se encontraram afastadas tanto das vias públicas quanto da água (Figura 9).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

A análise das características geomorfológicas, disponibilidade de água, acessibilidade a mercado e insumos, mão de obra disponível, eletrificação e suporte técnico na região do estudo, indicaram uma condição amplamente favorável a carcinocultura marinha em viveiros de terra. As áreas classificadas com potencial alto e médio podem manter um ótimo nível de produção, e, mesmo as áreas consideradas de baixo potencial, com diferentes demandas de investimento, podem alcançar os mesmos patamares produtivos.

O estudo foi capaz de demonstrar o potencial do uso da técnica do SIG para a seleção de áreas propícias para a carcinocultura marinha local. Sendo que, os critérios utilizados, como por exemplo, tipo de solo, classe de capacidade de uso, distância para as fontes de captação de água e vias públicas foram complementares na identificação de áreas potenciais para a atividade localmente.

## REFERÊNCIAS

---

ARNOLD, WS, WHIT, MW, NORRIS, HA & BERRIGAN, ME. 2000. Hard clam (*Mercenaria spp.*) aquaculture in Florida, U.S.A.: geographic information system applications to lease site selection. *Aquacult. Eng.* 23:203–231.

ATLAS SÓCIO-ECONÔMICO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 1999. Governo do Estado do Rio Grande do Sul. Secretaria da Coordenação e Planejamento Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (Brasil). 63p.

BARBIERI JÚNIOR, RC & NETO, AO. 2002. Camarões marinhos: Engorda. 370p., Aprenda Fácil, Viçosa, Brazil. (ISBN-85: 88216-16-7).

BEAMISH, RJ, MCFARLANE, GA & BENSON, A. 2006. Longevity overfishing. *Progress In Oceanography*, 68(2-4): 289-302. (doi:10.1016/j.pocean.2006.02.005)

BELTRAME, E, BONETTI, C & BONETTI FILHO, J. 2006. Pre-selection of areas for shrimp culture in a subtropical Brazilian lagoon based on multicriteria hydrological evaluation. *Journal of Coastal Research*, v. SI39:1838-1842.

- CAILLOUET Jr, CW, HART, RA & NANCE, JM. 2008. Growth overfishing in the brown shrimp fishery of Texas, Louisiana, and adjoining Gulf of Mexico EEZ. *Fisheries Research*, 92(2-3): 289-302. (doi:10.1016/j.fishres.2008.01.009)
- CHEN, S, CHEN, L, LIU, Q, LI, X & TAN, Q. 2005. Remote sensing and GIS-based integrated analysis of coastal changes and their environmental impacts in Lingding Bay, Pearl River Estuary, South China. *Ocean & Coastal Management*, 48:65–83.
- CONGLETON Jr, WR, PEARCE, BR, PARKER, MR & BEAL, BF. 1999. Mariculture siting: a GIS description of intertidal áreas. *Ecological Modelling*, 116:63–75.
- CORBIN, JS, YOUNG, L. 1997. Planning, regulation and administration of sustainable aquaculture. In: Bardach, J.E. (Ed). *Sustainable Aquaculture*. New York, John Wiley & Sons Inc. New York, pp. 201-223.
- CUNHA, NG, SILVEIRA, RJC & SEVERO, CRS. 1996. Estudo dos solos do município de Rio Grande. Pelotas, Brazil: Universitária/UFPel, EMBRAPA/CPACT, 74p.
- DENNIS, M, TAMMY, T, BALDWIN, K & KEVIN, F. 2004. Aquaculture development potential in Arizona: a GIS-based approach. *World Aquac.*, 34(4):32-35.
- FRANKIC, A. 1998. A framework for planning sustainable development in coastal regions: an island pilot project in Croatia. Dissertation p.124; Virginia Institute of Marine Science, Library. (<http://web.vims.edu/library/Frankic/Frankic.pdf>)
- FREITAS, RR, TAGLIANI, CRA, POERSCH, L & TAGLIANI, PR. 2009. Gestão de ambientes costeiros: uso de SIG como apoio a decisão na implantação de fazendas de camarões marinhos, Ilha da Torotama, RS. *Gerenciamento Costeiro Integrado*, 9:45-54
- GIAP, DH, YI, Y & YAKUPITIYAGE, A. 2005. GIS for land evaluation for shrimp farming in Haiphong of Vietnam. *Ocean & Coastal Management*, 48(1):51-63. (doi:10.1016/j.ocecoaman.2004.11.003)

IBGE/PRODUÇÃO AGRÍCOLA MUNICIPAL. Elaboração: SEPLAG/DEPLAN - 04/2008. Disponível em: <[http://www.seplag.rs.gov.br/uploads/Arrozcoredes\\_04\\_06.pdf](http://www.seplag.rs.gov.br/uploads/Arrozcoredes_04_06.pdf)> Acesso em: 14.09.2011.

HOSSAIN, MS, CHOWDHURY, SR, DAS, NG & RAHAMAN, MM. 2007. Multi-criteria evaluation approach to GIS-based land suitability classification for tilapia farming in Bangladesh. *Aquacult Int*, 15:425–443 (doi:10.1007/s10499-007-9109-y)

KAPETSKY, JM, HILL, JM, WORTHY, LD & EVANS, DL. 1988. A geographical information system for catfish farming development. *Aquaculture*, 68(4):311-320. (doi:10.1016/0044-8486(88)90245-1)

KARTHIKA, M, SURIB, J, NEELAM, S & BIRADAR, RS. 2005. Brackish water aquaculture site selection in Palghar Taluk, Thane district of Maharashtra, India, using the techniques of remote sensing and geographical information system. *Aquacultural Engineering*, 32(2):285-302. (doi:10.1016/j.aquaeng.2004.05.009)

LEE, DOC & WICKINS, JF. 1997. *Cultivo de crustáceos*. 466p, Acribia, S.A., Zaragoza, Espanha.

LONGDILL, PC, HEALY, TR & BLACK, KP. 2008. An integrated GIS approach for sustainable aquaculture management area site selection. *Ocean & Coastal Management*, 51(8-9):612-624. (doi:10.1016/j.ocecoaman.2008.06.010)

MARCANTONIO, AS, TAKADA, HM, VILELLA, OV, ROCHA, GC, LOURENÇO, FC, RACHMAN, MAL, SANTOS, RJ, CANEPPELE, D & RIBEIRO, MAG. 2007. Rizipiscicultura: produção consorciada de arroz e lambari. In: 1º Congresso Brasileiro de Produção de peixes nativos de água doce e 1º Encontro de Piscicultores de Mato Grosso do Sul, 2007, Dorados/MS. *Anais do 1º Congresso Brasileiro de Produção de peixes nativos de água doce e 1º Encontro de Piscicultores de Mato Grosso do Sul*.

MCLEOD, I, PANTUS, F & PRESTON, N. 2002. The use of geographic information system for land-baseaquaculture planning. *Aquaculture Research*, 33:241-250. (doi:10.1046/j.1355-557x.2001.00667.x)

NATH, SS, BOLTE, JP, ROSS, LG, AGUILAR-MANJARREZ, J. 2000. Applications of geographical information systems (SIG) for spatial decision support in aquaculture. *Aquacultural Engineering*, 23:233–278.

PEIXOTO, S, JUNIOR, WW, CAVALLI, RO, SANTOS, MHS & POERSCH, LHS. 2005. Diretrizes para o desenvolvimento responsável da carcinicultura na região do estuário da Lagoa dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil. *Gerenciamento Costeiro Integrado, Itajaí, UNIVALI*, 4:1-4.

PÉREZ, OM, TELFER, TC & ROSS, LG. 2003. Use of GIS-Based Models for Integrating and Developing Marine Fish Cages within the Tourism Industry in Tenerife (Canary Islands). *Coastal Management*, 31(4):355-366. (doi:10.1080/08920750390232992)

PÉREZ, OM, TELFER, TC & ROSS, LG. 2005. Geographical information systems-based models for offshore floating marine fish cage aquaculture site selection in Tenerife, Canary Islands. *Aquaculture Research*, 36(10): 946-961. (doi:%2010.1111/j.1365-2109.2005.01282.x)

POLI, CR, BORGHETTI, JR & GRUMANN, A. 2000. Situação Atual da Aqüicultura na Região Sul. In: POLI, CR & GRUMANN, A. (eds.), *Aqüicultura no Brasil: Bases para um desenvolvimento sustentável*, pp. 323-351, Florianópolis, Brazil.

RADIARTA, IN, SAITOH, S & MIYAZONO, A. 2008. GIS-based multi-criteria evaluation models for identifying suitable sites for Japanese scallop (*Mizuhopecten yessoensis*) aquaculture in Funka Bay, southwestern Hokkaido, Japan. *Aquaculture*, 284(1-4):127-135. (doi:10.1016/j.aquaculture.2008.07.048)

RAJITHA, K, MUKHERJEE, CK & CHANDRAN, RV. 2007. Applications of remote sensing and GIG for suitable management of shrimp culture in India. *Aquacultural engineering*, 36:1-17. (doi:10.1016/j.aquaeng.2006.05.003)

RIGHES, AA. 2000. Água: sustentabilidade, uso e disponibilidade para irrigação. *Ciência e Ambiente e, Santa Maria-RS*, 21(1): 90-102.

ROSA, LS & CORDAZZO, CV. 2007. Perturbações antrópicas na vegetação das dunas da Praia do Cassino (RS). *Cadernos de Ecologia Aquática*, 2: 1-14.

SALAM, MA, ROSS, LG & BEVERIDGE, CMM. 2003. A comparison of development opportunities for crab and shrimp aquaculture in southwestern Bangladesh, using GIS modelling. *Aquaculture*, 220(1-4):477-494. (doi:10.1016/S0044-8486(02)00619-1)

SALAM, MA, KHATUN, NA & ALI, MM. 2005. Carp farming potential in Barhatta, Upazilla, Bangladesh: a GIS methodological perspective *Aquaculture*, 245(1-4):75-87. (doi:10.1016/j.aquaculture.2004.10.030)

TRAVERS, M, WATERMEYER, K, SHANNON, LJ & SHIN, YJ. 2010. Changes in food web structure under scenarios of overfishing in the southern Benguela: Comparison of the Ecosim and OSMOSE modelling approaches. *Journal of Marine Systems*, 79(1-2): 101-111. ( doi:10.1016/j.jmarsys.2009.07.005)

VOLCKER, CM & SCOTT, PC. 2008. GIS and remote sensing supported aquaculture potential determination along the lower stretch of the São João river RJ. *S & G. Sistemas & gestão*, v. 3, p. 196-215.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

Visando alcançar um desenvolvimento da atividade através de um ordenamento costeiro integrado, orientado para a sustentabilidade socioeconômica, ambiental, espacial e cultural da região, buscou-se estruturar em quatro capítulos a tese aqui apresentada. Formatação que se mostrou oportuna, pois proporcionou no transcorrer dos capítulos, uma evolução técnica/científica sobre utilização das técnicas de SIG, bem como da compreensão da área de estudo pelos autores.

O primeiro capítulo, por exemplo, teve como proposta identificar e caracterizar as áreas destinadas a cultivos de camarões marinhos localizadas na porção sul do estuário da lagoa dos Patos, empregando análises de sensoriamento remoto orbital (ETM+/Landsat, Google Earth), aéreo (35 mm/sistema ADAR 1000), terrestre (RICOH 500SE) e de saídas de campo, integrando os dados num Sistema de Informação Geográfica (IDRISI Andes). Nesse capítulo dificuldades de interpretação de imagens ocorridas devido a diferentes escalas de análise (ADAR 1000, Google Earth, banco de dados existente e Landsat), não inviabilizaram o estudo, sendo que as averiguações in loco foram essenciais para a interpretação dos resultados.

Assim, a organização dos diversos métodos de aquisição de informações, ferramentas de gestão, pesquisa e análise de informações em um único banco de dados gerou importante compreensão da área de estudo e as características inerentes a atividade local. Fato que ajudou, nos capítulos seguintes, a classificar áreas em melhores condições para a implantação de novas fazendas, geração de menor impacto socioambiental, aumento de produtividade e preservação das áreas sensíveis a alterações ambientais.

No segundo capítulo, que foi considerado um estudo piloto para os dois capítulos seguintes, foi proposto avaliar locais propícios destinados a instalação de fazendas de cultivo de camarões marinhos, especificamente na região da Ilha da Torotama, RS, considerando critérios de aptidão e restrição, integrando um modelo final de auxílio à tomada de decisão (SIG). A análise integrada dos critérios de aptidão e restrição ao empreendimento mostrou que o local escolhido para esta atividade apresenta aspectos positivos. Dentre eles, aponta-se a localização sobre campos litorâneos a proximidade de possíveis mercados consumidores e mão de obra local, via de acesso boa, rede elétrica disponível e apoio técnico local (Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Estação Marinha de Aquacultura - EMA).

Quanto aos capítulos três e quatro, pode-se observar a apresentação de resultados mais maduros e mostram um cuidado maior com o uso dos critérios adotados para a seleção de áreas. Sendo que, a análise das características geomorfológicas, disponibilidade de água, acessibilidade

a mercado e insumos, mão de obra disponível, eletrificação e suporte técnico na região do estudo, indicaram uma condição amplamente favorável a carcinocultura marinha em viveiros de terra. As áreas classificadas com potencial alto e médio podem manter um ótimo nível de produção, e, mesmo as áreas consideradas de baixo potencial, com diferentes demandas de investimento, podem alcançar os mesmos patamares produtivos.

Podemos dizer também que áreas consideradas com potencial alto possibilitam um menor esforço (hora/máquina) e menores demandas de investimento na construção e desenvolvimento dos cultivos de camarões marinhos localmente. Como demonstrado na figura 18, onde as áreas estudadas (São Jose do Norte e Rio Grande) foram agrupadas em suas respectivas zonas de prioridade para investimento e implantação da atividade.

Outro fato importante é que a partir de uma base georreferenciada, é possível modelar as opções levando em conta também à percepção da comunidade envolvida como o assunto em foco. Isso diminui a subjetividade e valida de modo bastante democrático a tomada de decisão no processo de planejamento ambiental. Por exemplo, esse estudo poderá ser disponibilizado para discussão e análise por parte das secretarias de meio ambiente dos municípios, estado e da sociedade para fins de gestão e ordenamento da zona costeira.

Assim, o presente estudo corrobora mais uma vez a afirmativa de que as técnicas e ferramentas disponíveis de SIG são norteadoras no auxílio de tomada de decisão no planejamento de usos em qualquer local, particularmente naqueles localizados em áreas costeiras. Talvez a maior contribuição dessas ferramentas seja o fato de que são flexíveis o suficiente para incorporar os aportes técnicos de várias áreas do conhecimento para a tomada de decisão.

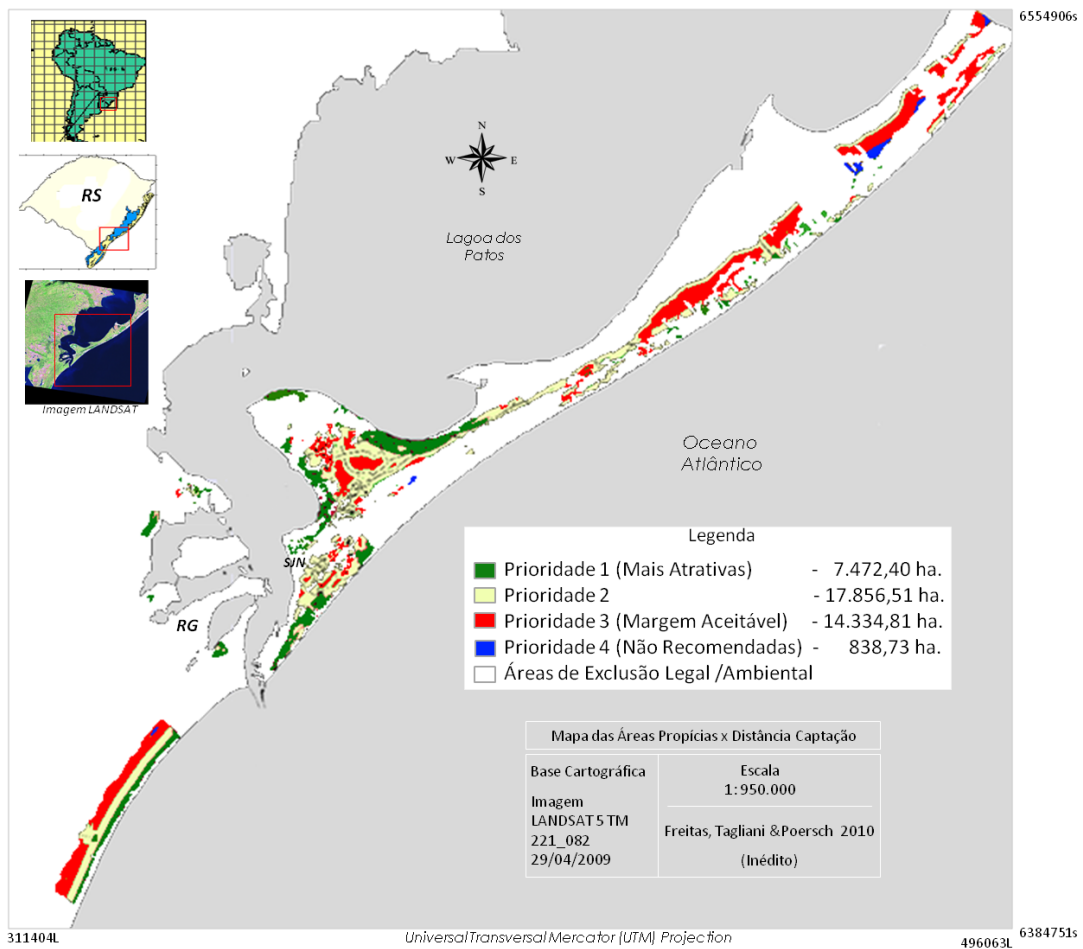


Figura 1. Mapa de atratividade final requerido para a atividade de cultivo de camarões nos municípios de RG e SJN.

## REFERÊNCIAS GERAIS

---

ASMUS, MLA. 1998. Planície costeira e a Lagoa dos Patos. In: SEELIGER, U, ODEBRECHT, C & CASTELLO, JP. (Org.). Os ecossistemas costeiros e marinhos do extremo sul do Brasil. Rio Grande: Editora Ecoscientia, p. 9-12.

BELTRAME, E, BONETTI FILHO J & BONETTI, C. 2006. Pre-selection of areas for shrimp culture in a subtropical Brazilian lagoon based on multicriteria hydrological evaluation. *J Coastal Res*, v. SI39:1838-1842.

CHEN, S, CHEN, L, LIU, Q, LI, X & TAN, Q. 2005. Remote sensing and GIS-based integrated analysis of coastal changes and their environmental impacts in Lingding Bay, Pearl River Estuary, South China. *Ocean Coast Manage* 48: 65–83.

CONGLETON Jr, WR, PEARCE, BR, PARKER, MR & BEAL, BF. 1999. Mariculture siting: a GIS description of intertidal áreas. *Ecological Modelling*, 116:63–75.

FAO TECHNICAL COOPERATION PROGRAMME. 1997. Support to special plan for prawn and shrimp farming. 23p., Site selection towards sustainable shrimp aquaculture in Myanmar. Based on the Work of Charles L.A., Bangkok. (<http://www.fao.org/docrep/field/382903.htm>)

FREITAS, DM & TAGLIANI, PRA. 2007. Spatial Planning of Shrimp Farm Activities in the Patos Lagoon Estuary (Southern Brazil): In a Context of Integrated Coastal Management. *J Coastal Res* 47: 136-141.

GIAP, DH, YI, Y & YAKUPITIYAGE, A. 2005. GIS for land evaluation for shrimp farming in Haiphong of Vietnam. *Ocean Coast Manage* 48: 51–63.

KAPETSKY, JM, HILL, JM, WORTHY, LD & EVANS, DL. 1988. A geographical information system for catfish farming development. *Aquaculture* 68: 311–320.

KARTHIKA, M, SURIB, J, NEELAM, S & BIRADAR, RS. 2005. Brackish water aquaculture site selection in Palghar Taluk, Thane district of Maharashtra, India, using the techniques of remote sensing and geographical information system. *Aquacult. Eng.* 32: 285–302.

MCLEOD, I, PANTUS, F & PRESTON, N. 2002. The use of geographic information system for land-base aquaculture planning. *Aquaculture Research*, 33:241-250. (doi:10.1046/j.1355-557x.2001.00667.x)

NATH, SS, BOLTE, JP, ROSS, LG & AGUILAR-MANJARREZ, J. 2000. Applications of geographical information systems (GIS) for spatial decision support in aquaculture. *Aquacult. Eng.* 23: 233–278.

PÉREZ, OM, TELFER, TC, BEVERIDGE, MCM & ROSS, LG. 2002. Geographical Information Systems (GIS) as a Simple Tool to Aid Modelling of Particulate Waste Distribution at Marine Fish Cage Sites. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 54: 761–768.

POLI, CR, BORGHETTI JR, & GRUMANN, A. 2000. Situação Atual da Aqüicultura na Região Sul. In: POLI, C. R.; BORGHETTI, J. R.; GRUMANN, A. (eds) *Aqüicultura no Brasil: Bases para um desenvolvimento sustentável*. Brasília: CNPq/MCT 323-351 p.

PRIMAVERA, JH. 2006. Overcoming the impacts of aquaculture on the coastal zone. *Ocean Coast Manage* 49: 531–545.

SALAM, MA, ROSS, LG & BEVERIDGE, CMM. 2003. A comparison of development opportunities for crab and shrimp aquaculture in southwestern Bangladesh, using GIS modelling. *Aquaculture*, 220(1-4):477–494.( doi:10.1016/S0044-8486(02)00619-1)

TAGLIANI, CRA. 2003. Mapeamento da vegetação e uso do solo nos entornos do estuário da Laguna dos Patos, RS, utilizando técnicas de processamento digital de imagem do SIG SPRING. *Fatorgis In Box*, 7 p.



## Evaluation of space adequateness of shrimp farms in Southern Brazil

RODRIGO R. FREITAS<sup>1</sup>, CARLOS HARTMANN<sup>2</sup>, PAULO R.A. TAGLIANI<sup>3</sup> and LUÍS H. POERSCH<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande, Instituto de Oceanografia, Estação Marinha de Aquacultura,  
 Caixa Postal 474, 96201-900 Rio Grande, RS, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio Grande, Instituto de Oceanografia, Laboratório de Oceanografia Geológica,  
 Caixa Postal 474, 96201-900 Rio Grande, RS, Brasil

<sup>3</sup>Universidade Federal do Rio Grande, Instituto de Oceanografia, Laboratório de Gerenciamento Costeiro,  
 Caixa Postal 474, 96201-900 Rio Grande, RS, Brasil

*Manuscript received on April 28, 2009; accepted for publication on August 16, 2010*

### ABSTRACT

In Rio Grande do Sul State, there are four marine shrimp (*Litopenaeus vannamei*) farms in the municipal districts of São José do Norte and Rio Grande, and other four with previous license for operation. Thus, the present study aimed to identify and characterize areas for marine shrimp farming located in the Southern portion of the Patos Lagoon estuary (32°00'S 52°00'W) by employing the analysis of satellite remote sensing (Landsat TM and ETM+/Google Earth), airborne remote sensing (35mm system ADAR 1000), terrestrial remote sensing (RICOH 500SE), and field expeditions, integrating data in a Geographical Information System (IDRISI Andes). As a result, the enterprises were built on coastal fields or in obliterated dune areas, which are favorable for cultivation. The proximity of possible consuming markets and local labor, relatively good access roads and local technical support also favor the projects. However, there must be caution in terms of changes in the original projects, which could cause environmental impacts and noncompliance of environmental norms, such as the occupation of salt marsh areas. Based on the obtained information, instruments can be created to help inherent legal decision-making to manage the activity for futures enterprises.

**Key words:** costal management, GIS, Patos Lagoon, shrimp farms.

### INTRODUCTION

In Rio Grande do Sul State, Southern Brazil, marine shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture activity has been developed since the beginning of 2000. Currently, three productive farms are located in the city of São José do Norte and one in Rio Grande; five other farms still wait for authorization from the environmental agency to be installed in the cities of Torres, São José do Norte and Rio Grande.

With the development of new activities, an increase in environmental and socioeconomic impact risks may arise, making these cultures unsustainable. This is con-

firmed by some examples of difficulties reported in countries that have witnessed an exponential growth of these activities, with consequent loss of productive, legal, and environmental control (FAO 1998, Poli et al. 2000, Pérez et al. 2002, Chen et al. 2005, Giap et al. 2005, Karthika et al. 2005, Primavera 2006).

For this reason, the development of such activities initially requires space planning, in order to adjust their location to the environmental and socioeconomic characteristics of the region. In this context, the information obtained from remote sensing at different levels and data generated by the application of geoprocessing tools, along with land use and biological, geographical, hydrochemical and socioeconomic data, are useful for

Correspondence to: Rodrigo Randow de Freitas  
 E-mail: rodrigorandow@ig.com.br

reaching this goal, assuring productivity increase and preservation of areas that are sensible to environmental changes (Kapetsky et al. 1988, Nath et al. 2000, Pérez et al. 2002, Freitas and Tagliani 2007, Giap 2005).

Therefore, the present study aims the identification and characterization of marine shrimp farm areas, supported by satellite and airborne Remote Sensing techniques and methods, as well as field expeditions. By gathering all information into a Geographic Information System, tools to assist inherent legal decision-making regarding the management of the activity could be created.

#### MATERIALS AND METHODS

The study area consisted of marine shrimp culture farms located in the cities of Rio Grande and São José do Norte, Southern portion of the Patos Lagoon estuary (32°00'S and 52°00'W). This estuary comprises an area of approximately 10.144 km<sup>2</sup> that extends to northeast-southwest direction, parallel to the Atlantic Ocean, and is characterized by having a great economic and ecological importance (Fig. 1).

This study started with the identification and location of legal and operational farms using available images (ADAR 1000, Landsat TM and ETM+ and Google Earth). Afterwards, the images were overlapped in layers in order to characterize the stage, type of occupation and land use of the current and future aquaculture enterprises. With the analysis and interpretation of the images, it was possible to map and survey the areas occupied by shrimp culture activity in the Patos Lagoon estuary.

Utilizing the ADAR system (Airborne Data Acquisition and Registration System 1000) and digital aerial images (35mm) obtained between 2000 and 2003, it was possible to capture color air photographs in visible and infrared bands (Fontoura and Hartmann 2001). Flight altitude was 1100m, with a resolution of 0.5mpp (meters per pixel), and each photo covered an area of 1500×1000m. The image bands were adjusted to R1/G2/B3 with ERDAS Software, in order to present normal color composition. With the same software, the spectral response of the targets was obtained in a continuous way, resulting in a transversal profile of the study area.

Due to the lack of images representing the region where farms 1, 2 and 3 were located, the images available in Google Earth were used. Besides locating the areas where the enterprises were or will be constructed, the study also analyzed the space adequacy of the existing or future enterprises, in regard to the current law.

*In situ* images of the enterprises were captured using a camera with an integrated GPS (Ricoh 500SE). The method provided an accurate positioning, using coordinate WGS84 or MGRS. As soon as the image was registered, the data were embedded into the image archive heading. In all areas with operating farms or designed to future enterprises, such photos were obtained and georeferenced for further detailing of the area.

Thematic maps (at scale 1:100.000 equivalent to a resolution of 30m), each representing individual layers, such as soil types, vegetation, water bodies, public roads, slope, topography and land use capacity, were submitted to specific geoprocessing routines in the Idrisi Andes GIS system (ver.15.01) and integrated to a characterization/identification model specifically constructed for this study, as described below.

Thematic maps were analyzed using the proximity analysis (i.e., buffer zone) in order to define, for example, the optimal distances to environmental protection areas, public roads and water bodies. In the present study, different distances were adopted, based on the current legislation, for each considered variable (e.g., 15m for public roads, 30m for legal protected areas and 50 and 100m for water bodies, depending on their extension).

#### RESULTS AND DISCUSSION

The use of aerial photographs has permitted monitoring and mapping of areas that require attention concerning the natural resource management (Meyer et al. 1997). Aerial survey techniques provide a level of details that allow the visualization of the landscape according to its structure and spatial-temporal distribution (Civco et al. 1986, Ustin et al. 1986). 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.

Thus, besides the use of ADAR 1000 system images to define culture areas, the spectral response of the targets was obtained to sketch up a cross profile of the

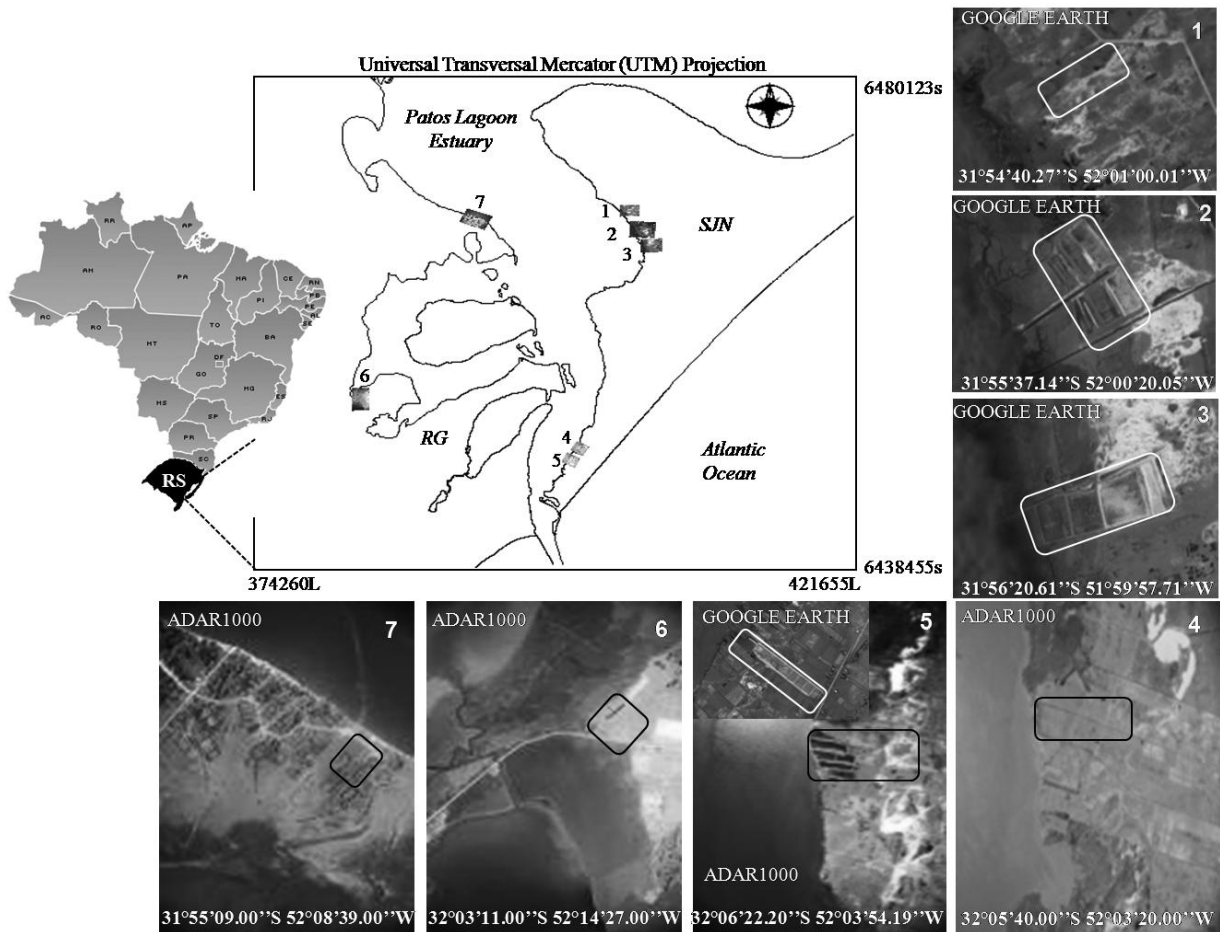


Fig. 1 – Study area map. (1-7: shrimp farm areas; RG: Rio Grande City; SJN: São José do Norte city; RS: Rio Grande do Sul State).

area using ERDAS software. ADAR 1000 system images were recorded with a  $0.1\mu\text{m}$  or  $100\mu\text{m}$  spectral resolution. The images for the areas of farms 6 and 7 were obtained in infrared mode (IR), and those for farms 4 and 5 in visible mode (VM).

The IR mode is an ideal method for vegetation and wetlands mapping. Similarly, lake waters and swamp areas (salt marshes) are highlighted due to the high absorption by water in the IR spectral range. For example, natural green vegetation (living biomass) appears with a pink coloration and, depending on the canopy coverage, with a bright red color. This information is confirmed by the obtained levels (Fig. 2).

Also, as shown in Fig. 2, the near-infrared spectral range ( $0.7\text{-}0.8\mu\text{m}$ ) is represented by band 1. Note that the graph is regular, clearly showing different units

including water and salt marsh. The gray levels (digital numbers – DN) of the lake water (Patos Lagoon) were about 100 DN; those of the salt marshes and wetlands areas were 150 DN, and those on areas with grass (pasture) and exposed soil (sand dunes) were about 250 DN.

Based on the identification of the farm areas, it was noted that most of them was constructed on obliterated dune environments (i.e., dunes that become extinct by the action of the wind) now changed into coastal plains. Such environments are considered ideal for the construction of cultures (Peixoto et al. 2005), and are characterized by low vegetation with low level of ground coverage, being used extensively for cattle pastures and cultivation of onion (Tagliani 2003).

At the location close to farm 5, the destruction of part of the salt marsh area was documented during this



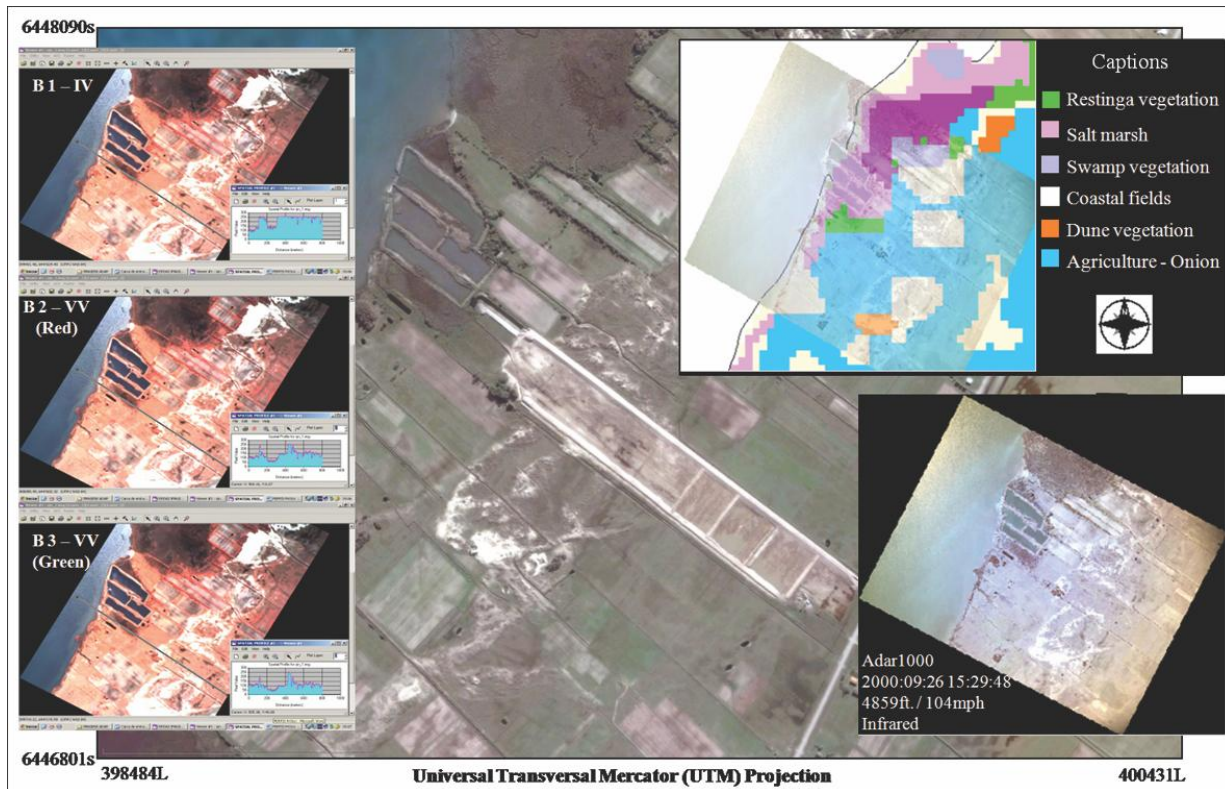


Fig. 2 – Spectral response (ADAR) and salt marsh modification (Google Earth) on shrimp farm area number 5 (São José do Norte).

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 (Seeliger and Costa 1997, Tagliani 2003). The area was modified in the 90's by a small enterprise that did not have legal or technical endorsement, which resulted in the interdiction of the enterprise after three years of functioning. Afterwards, part of the area was purchased by another shrimp producer, who structured his culture according to the environmental legislation.

Regarding farms 1, 2 and 3, it was observed that part of the activities were performed in areas with sand accumulation. These areas consist of littoral fields or dunes changed by time or through cattle raising and agriculture, long before the construction of the farms (Fig. 3).

Seeliger and Costa (1997) reported that the marginal areas of the Patos Lagoon (salt marshes, wetlands and dunes) have been colonized by an intense pasture of bovines and equines since the European occupation of the state of Rio Grande do Sul. The small tide ampli-

tude, soft slope and low occurrence of tide canals favor pasturing and environmental changes, with visible differences between areas used for pastures and areas with other uses. Seeliger and Costa (1997) reported an 11% decrease of the floodable area of the lower portion of the estuary over the last two centuries.

The current proximity of farms 2 and 3 to wetland and salt marsh areas can be explained by animals not getting there, the soil enrichment with nutrients (P and N) coming from the culture (feed and excrements) and, finally, by the increase of soil humidity due to the construction of canals and ponds. So the area remained “untouched”, with a restoration of habitat's physiography and plant diversity.

For the soil classification, Sombroek (1969) used a system developed by the USA Department of Agriculture, because this system is universally known and adapts well to the region, and also because of this temperature and soil. Being so, its soil and temperature is very similar to the ones in many regions in the United States of America. This system was originally created

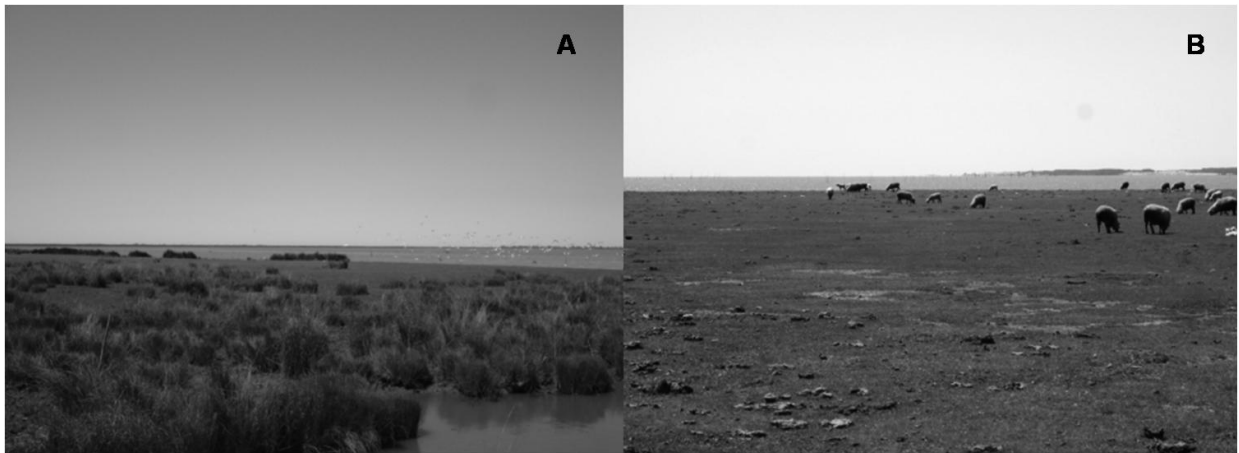


Fig. 3 – Study area landscape. (A: Salt marsh area in São José do Norte; B: Coastal fields also in São José do Norte).

for detailed mapping of cultivated areas, and specially to prevent large scale erosion.

The extreme importance of the danger of erosion, including the slope of the land, was sometimes neglected, being only taken into consideration the possibility of improving the pastures. Sombroek (1969) proposed an adjustment to class V, which, in the USA Department of Agriculture – Soil Conservation Service System (1975), only refers to flat or nearly flat land, and excludes other limitations, such as the danger of erosion. For this author, the modified system is essential in establishing a plan for crops. The classification is a basic criterion for crop lands, pastures or forestry productivity.

In regards to the areas where the aquaculture enterprises are located, it is noted that all of them are above class V, confirming that the areas were chosen in a sufficiently satisfactory manner.

Tagliani (2003), considering possible restrictions in the land use capacity in São José do Norte and Rio Grande, evaluated the limitations inherent to risk conditions, such as draining (d), erosion (e), climate (c), water excess (u) and soil limitations (s). Through this evaluation, soils in all farms were mainly classified as of low drainage capacity and with severe soil limitations, restricting their use for agriculture (Fig. 4).

In the same way, Cunha et al. (1996) reported that, in a general manner, soil of farm 7 is poor, and land use is limited to pastures. Therefore, the low fertility of local soil can favor the use of these areas that are used or not for agriculture and pasture, as well as for culture of

aquatic organisms.

Considering the agreement of all enterprises with the current environmental legislation, it was observed in farm 6, that the commitment of preserving a 15m-distance buffer zone from public domain roads was not fulfilled. This fact resulted in sanctions by the local environmental agency. The irregularity was detected only *in situ* due to the fact that the available images (ADAR1000, Landsat and Google Earth) are dated prior to the enterprise setup.

Once again, this fact shows that the experience of the analyst, together with the technological advances (softwares and hardwares), does not prevent the analysis from being affected by errors or inadequate interpretations. Therefore, it is extremely important to perform an *in loco* verification of the areas.

Little influence of slope and topography was observed, because not only slope (0-5%), but also topography (1-4m), present very few variation, not being an issue when the activity in the region was considered.

Regarding the location of the activity, farms 4 and 5 are the most privileged ones. These farms are closer to the lagoon bar, where south quadrant winds flood the lagoon with seawater and that, together with summer droughts, creates large areas with long periods of brackish water in the estuary (Seeliger and Costa 1997, Peixoto et al. 2005). Farms 6 and 7 are located to the north of the estuary and, therefore, under direct influence of freshwater discharge of the São Gonçalo canal,

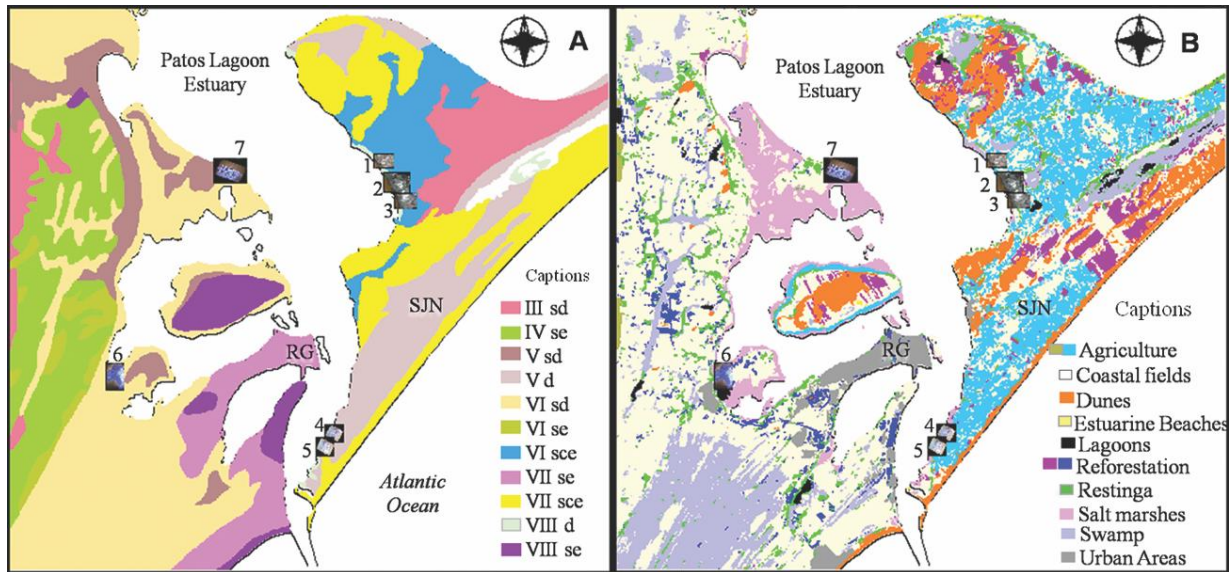


Fig. 4 – (A): Soil classification and its evaluated limitations inherent to risk conditions, such as draining (d), erosion (e), climate (c), water excess (u) and soil limitations (s). (B): Reforestation = *Pinus* and *Eucalyptus*; Agriculture = Onion and rice.

being subject to low brackish water availability for the ponds. Seeliger and Costa (1997) also confirm the above statement, reporting that saline water penetration in the marginal estuary area is more dependent on meteorological events, such as wind and precipitation, than on the effect of tide or current variations.

Concerning the climatic conditions, a great variation of temperature and precipitation (with an average of 1250mm) is observed, due mainly to polar fronts. On average, these frontal systems reach the region six or seven times every month, with higher occurrence in winter than in summer (Reed et al. 2009). For this reason, shrimp culture is concentrated during the summer (Dec-Mar), with only one productive cycle.

Finally, *in situ* photos taken with a CAPLIO 500SE digital camera, allowed the obtention of georeferenced images. This resulted in the direct import of such images into the GIS and offered an immediate recognition of environmental conditions for each studied location.

### CONCLUSIONS

From the results, it was evident that the applied methodology is adequate for the characterization of aquaculture enterprises, construction of an effective GIS database for the activity in the region, as well as the verification of the conformity of environmental legislation by the enterprises.

Difficulties in image interpretation occurred due to different scales of analysis (ADAR 1000, Google Earth, existing database and Landsat), but did not restrain the study, with the *in situ* investigation being essential for the interpretation of results.

The organization of many information acquisition methods, management tools, searches, and information analysis in one database generated important understanding of the study area and the inherent characteristics of the local activity. This fact will aid, in future studies, the classification of areas with more suitable conditions for new farms setup, generating less socio-environmental impact, productivity increase and preservation of areas that are sensible to environmental changes.

Thus, this study provides a framework and an important set of tools for human activities, helping to understand the dynamics between local natural environment and a potential impact on it. However, if performed in a correct and sustainable way, these activities are capable of generating social and economical wealth for the local population.

### ACKNOWLEDGMENTS

This study was financed by Brazilian Federal Government – Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT/CT-HIDRO – Fundo Setorial de Recursos Hídricos/Minis-

tério do Meio Ambiente – MMA/Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

### RESUMO

No estado do Rio Grande do Sul existem quatro fazendas produtoras de camarões (*Litopenaeus vannamei*) marinhos nos municípios de São José do Norte e Rio Grande, e outras quatro fazendas já possuem licença prévia. Assim, o presente estudo propôs identificar e caracterizar as áreas destinadas a cultivos de camarões marinhos localizadas na porção sul do estuário da lagoa dos Patos (32°00'S 52°00'W), empregando análises de sensoriamento remoto orbital (ETM+/Landsat, Google Earth), aéreo (35mm/sistema ADAR 1000), terrestre (RICOH 500SE) e de saídas de campo, integrando os dados num Sistema de Informação Geográfica (IDRISI Andes). Resultados apontaram que os empreendimentos foram construídos sobre campos litorâneos ou em regiões de dunas obliteradas, regiões estas propícias para o cultivo. A proximidade dos possíveis mercados consumidores e mão de obra local, estradas de acesso relativamente boas e suporte técnico local também favorecem os projetos. No entanto, deve haver cautela em termos de mudanças nos projetos originais, o que poderia causar impactos ambientais e descumprimento das normas ambientais, tais como a ocupação de áreas de marismas. A partir das informações obtidas, podem ser criados instrumentos que auxiliarão na tomada de decisões legais para gerenciar a atividade em futuros empreendimentos.

**Palavras-chave:** gestão costeira, SIG, Lagoa dos Patos, fazendas de camarão.

### REFERENCES

- CHEN S, CHEN L, LIU Q, LI X AND TAN Q. 2005. Remote sensing and GIS-based integrated analysis of coastal changes and their environmental impacts in Lingding Bay, Pearl River Estuary, South China. *Ocean Coast Manage* 48: 65–83.
- CIVCO DL, KENNARD WC AND LEFOR MW. 1986. Changes in Connecticut salt-marsh vegetation as revealed by historical aerial photographs and computer-assisted cartographics. *J Environ Manage* 10: 229–239.
- CUNHA NG, SILVEIRA RJ DA C AND SEVERO CRS. 1996. Estudo dos solos do município de Rio Grande. Pelotas, Brasil: Universitária/UFPel, EMBRAPA/CPACT, 74 p.
- FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 1998. FAO Technical Consultation on policies for Sustainable Shrimp Culture. Bangkok, Thailand, 8-11 December 1997. FAO Fisheries Report. No. 572. Rome.
- FONTOURA JAS AND HARTMANN C. 2001. Capture Small Format Aerial Digital Images Using the Airborne data Acquisition System (ADAR 1000) from Positive System Company (USA). Pesquisas. Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, UFRG 28: 373–381.
- FREITAS DM AND TAGLIANI PRA. 2007. Spatial Planning of Shrimp Farm Activities in the Patos Lagoon Estuary (Southern Brazil): In a Context of Integrated Coastal Management. *J Coastal Res* 47: 136–141.
- GIAP DH, YI Y AND YAKUPITIYAGE A. 2005. GIS for land evaluation for shrimp farming in Haiphong of Vietnam. *Ocean Coast Manage* 48: 51–63.
- KAPETSKY JM, HILL JM, WORTHY LD AND EVANS DL. 1988. A geographical information system for catfish farming development. *Aquaculture* 68: 311–320.
- KARTHIKA M, SURIB J, NEELAM S AND BIRADAR RS. 2005. Brackish water aquaculture site selection in Palghar Taluk, Thane district of Maharashtra, India, using the techniques of remote sensing and geographical information system. *Aquacult Eng* 32: 285–302.
- MEYER JW, FRANK DJ, HIRONAKA A, SCHOFFER E AND TUMA NB. 1997. The Structuring of a World Environmental Regime, 1870-1990, International Organization 51: 623–651.
- NATH SS, BOLTE JP, ROSS LG AND AGUILAR-MANJARREZ J. 2000. Applications of geographical information systems (GIS) for spatial decision support in aquaculture. *Aquacult Eng* 23: 233–278.
- PEIXOTO S, WASIELESKY W, CAVALLI RO, SANTOS MHS AND POERSCH LH. 2005. Diretrizes para o desenvolvimento responsável da carcinicultura na região do estuário da Lagoa dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil. *Gerenciamento Costeiro Integrado* 04: 1–4.
- PÉREZ OM, TELFER TC, BEVERIDGE MCM AND ROSS LG. 2002. Geographical Information Systems (GIS) as a Simple Tool to Aid Modelling of Particulate Waste Distribution at Marine Fish Cage Sites. *Estuar Coast Shelf Sci* 54: 761–768.
- POLI CR, BORGHETTI JR AND GRUMANN A. 2000. Situação Atual da Aqüicultura na Região Sul. In: POLI CR, BORGHETTI JR AND GRUMANN A (Eds), *Aquicultura no Brasil: Bases para um desenvolvimento sustentável*. Brasília: CNPq/MCT, p. 323–351.

- PRIMAVERA JH. 2006. Overcoming the impacts of aquaculture on the coastal zone. *Ocean Coast Manage* 49: 531–545.
- REED AH, FAAS RW, ALISSON MA, CALLIARI LJ, HOLLAND KT, OREALLY S AND VAUGHAN WC. 2009. Characterization of a Mud Deposit Offshore of the Patos Lagoon. *Cont Shelf Res* 29: 597–608.
- SEELIGER U AND COSTA CSB. 1997. Natural and human impact. In: SEELIGER U, ODEBRECHT C AND CASTELLO JP (Eds), *Subtropical Convergence Environments: the coast and sea in the Southwestern Atlantic*. ed. Berlin, Germany: Springer-Verlag, p. 197–203.
- SOIL CONSERVATION SERVICE SYSTEM. 1975. Soil taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Washington, 503 p. (*Agriculture Handbook*, 436).
- SOMBROEK WG. 1969. Soil studies in the Merin Lagoon basin. Projeto da Lagoa Mirim. Pelotas: CLM/PNUD/FAO, v.1.
- TAGLIANI CRA. 2003. Mapeamento da vegetação e uso do solo nos entornos do estuário da Laguna dos Patos, RS, utilizando técnicas de processamento digital de imagem do SIG SPRING. *Fatorgis In Box*, 7 p.
- USTIN ST, ADMS JB, ELVIDGE CD, REJMANEK M, ROCK BN, THOMAS RW AND WOODWARD RA. 1986. Thematic mapper studies of semiarid shrub communities. *Bio-science* 36: 446–452.

