



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ESTUDOS INTERDISCIPLINARES

EMILIANE DE SOUSA PONTES

USO DE GEOTECNOLOGIAS NA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DA
CARCINICULTURA OLIGOHALINA

FORTALEZA

2020

EMILIANE DE SOUSA PONTES

USO DE GEOTECNOLOGIAS NA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DA
CARCINICULTURA OLIGOHALINA

Monografia apresentada ao Curso de Economia Ecológica do Departamento de Estudos Interdisciplinares da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Economia Ecológica.

Orientador: Prof^ª. Dra. Isabel Cristina da Silva Araújo.

FORTALEZA

2020

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

P858u Pontes, Emiliane de Sousa.
Uso de geotecnologias na avaliação de impactos ambientais da carcinicultura Oligohalina / Emiliane de Sousa Pontes. – 2020.
41 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Economia Ecológica, Fortaleza, 2020.
Orientação: Profa. Dra. Isabel Cristina da Silva Araújo.

1. Sensoriamento remoto. 2. Monitoramento. 3. Impactos ambientais. I. Título.

CDD 577

EMILIANE DE SOUSA PONTES

USO DE GEOTECNOLOGIAS NA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DA
CARCINICULTURA OLIGOHALINA

Monografia apresentada ao Curso de Economia Ecológica do Departamento de Estudos Interdisciplinares da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Economia Ecológica.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Dra. Isabel Cristina da Silva Araújo (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dra. Francisca Edineide Lima Barbosa
Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA)

Yves Klavdian Vieira Rodrigues Vasconcelos
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Francisco Evanildo e Erisan.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, pelo seu amor, misericórdia, por guiar meus passos em todos os momentos, me conceder saúde e força e me permitir mais uma vitória.

Aos meus pais, Evanildo Pontes e Erisan Pontes, pelo exemplo de vida, pela motivação e participação, pois nunca mediram esforços para me proporcionar o estudo necessário ao meu crescimento intelectual e pessoal.

Aos meus irmãos, Eveline Pontes e Emiliano Pontes, pelo carinho, companheirismo, cumplicidade, apoio e incentivo à minha vida acadêmica.

Aos meus familiares, primos, tios, avôs e avó, por acreditarem em mim.

Aos meus amigos de graduação, pela força e ajuda durante os semestres. Em especial à Callyne Souza, Érika Roanna, Jamilly Ferreira, Adrienne Keyser, Ayeska Haisa, Liliane Xavier e Gerardo Marques pelo constante incentivo e por estarem ao meu lado nos momentos difíceis.

À professora Isabel Cristina, minha orientadora, pela disponibilidade, paciência, apoio e por tornar possível a realização deste trabalho. Minha admiração e apreço não são suficientes para retribuir todo o conhecimento adquirido durante essa fase de produção.

Agradeço a Universidade Federal do Ceará, que me proporcionou a bolsa de Iniciação a Docência (bolsa de monitoria), pois contribuiu para o meu conhecimento em geoprocessamento.

Enfim, agradeço a todos que fazem parte da minha vida e que direta ou indiretamente contribuíram para essa conquista.

RESUMO

A criação de camarão em águas oligohalinas vem se expandindo no Ceará, sobretudo na região do Baixo Jaguaribe, devido a fatores como condições ambientais adequadas e elevada produtividade. No município de Jaguaruana, a atividade mostrou temporariamente elevado crescimento econômico. Essa expansão pode gerar muitos benefícios no tocante aos fatores socioeconômicos, mas também grandes preocupações por seus crescentes impactos ambientais. A pesquisa tem como objetivo avaliar a adequabilidade de geotecnologias na identificação e monitoramento de mudanças geoambientais em áreas com carcinicultura oligohalina. Os objetivos específicos são identificar as alterações com a implantação e desenvolvimento da carcinicultura em cativeiro, e discutir os riscos potenciais do descarte inadequado dos efluentes da carcinicultura para o rio Jaguaribe no município de Jaguaruana. Para o levantamento de dados, ocorreu a elaboração de mapas multitemporais de uso e ocupação do solo, por meio da classificação supervisionada, que possibilitou a identificação dos viveiros nas imagens. Apresentam-se as transformações no espaço ocasionadas pela atividade da carcinicultura no município de Jaguaruana-CE e revisão bibliográfica dos principais impactos. Os resultados apontam que ficou evidente alguns impactos ambientais, modificações de aspectos físicos da região e no uso e ocupação do solo além de outros fatores. Portanto, as técnicas de sensoriamento remoto utilizadas poderão auxiliar na fiscalização quanto ao crescimento da atividade, assim como servirá como ferramenta de monitoramento.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto, Monitoramento, Impactos Ambientais.

ABSTRACT

Shrimp farming in oligohaline waters has been expanding in Ceará, especially in the Lower Jaguaribe region, due to factors such as adequate environmental conditions and high productivity. In the municipality of Jaguaruana, the activity showed temporarily high economic growth. This expansion can generate many benefits with regard to socioeconomic factors, but also great concerns for its increasing environmental impacts. The research aims to assess the suitability of geotechnologies in the identification and monitoring of geoenvironmental changes in areas with oligohaline shrimp farming. The specific objectives are to identify the changes with the implantation and development of captive shrimp farming, and to discuss the potential risks of improper disposal of wastewater to the Jaguaribe River in the municipality of Jaguaruana. For data collection, multitemporal maps of land use and occupation were elaborated, through supervised classification, which made it possible to identify the nurseries in the images. The transformations in space caused by the activity of shrimp farming in the city of Jaguaruana-CE are presented and a bibliographic review of the main impacts. The results show that some environmental impacts, changes in physical aspects of the region and in the use and occupation of the soil, in addition to other factors, were evident. Therefore, the remote sensing techniques used can assist in monitoring the growth of activity, as well as serving as a monitoring tool.

Keywords: Remote sensing, Monitoring, Environmental impacts.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tanque de carcinicultura no momento de despesca com resíduo de fundo exposto, no município de Jaguaruana – CE	27
Figura 2 – Mapa de localização da Microrregião do Baixo Jaguaribe, Ceará	30
Figura 3 – Mapa de localização do município de Jaguaruana, Ceará	31
Figura 4 – Mapa de solos da Microrregião do Baixo Jaguaribe, Ceará	32
Figura 5 – Mapa dos Solos do município de Jaguaruana, Ceará	32
Figura 6 – Composição RGB do município de Jaguaruana, no ano de 2009.....	35
Figura 7 – Composição RGB do município de Jaguaruana, no ano de 2018.....	36
Figura 8 – Mapa de Uso e Ocupação do ano de 2009, no município de Jaguaruana, Ceará	37
Figura 9 – Mapa de Uso e Ocupação do ano de 2018, no município de Jaguaruana, Ceará	37
Figura 10 – Mapa do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada no ano de 2009, do município de Jaguaruana, Ceará.....	39
Figura 11 – Mapa do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada no ano de 2018, do município de Jaguaruana, Ceará.....	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCC	Associação Brasileira de Criadores de Camarão
APP	Área de Preservação Permanente
COGERH	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
NDVI	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
SEMACE	Superintendência Estadual do Meio Ambiente
SIG	Sistema de Informação Geográfica
USGS	United States Geological Survey

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivo	15
1.1.1 Objetivo Geral	15
1.1.2 Objetivos Específicos	16
1.1.3 Justificativa	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 Histórico da aquacultura no semiárido	17
2.2 Aspectos Socioeconômicos.....	20
2.3 Aspectos Ambientais.....	23
2.4 Características físico-químicas da carcinicultura	26
2.5 Sensoriamento Remoto e Monitoramento Ambiental na aquacultura.....	27
3 METODOLOGIA.....	30
3.1 Área de estudo.....	30
3.2 Aquisição dos Dados e processamento de imagens.....	32
3.3 Reconhecimento dos polígonos (viveiros)	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1 Avaliação temporal e espacial.....	36
5 CONCLUSÃO.....	41

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o cultivo do camarão marinho em cativeiro apresenta crescimento expressivo. O país possui enorme potencial para a implantação da carcinicultura, por possuir clima tropical, que favorece o desenvolvimento da espécie cultivada e com um ecossistema costeiro rico com grandes áreas estuarinas (ARAÚJO, 2003). O cultivo de camarão no Brasil foi iniciado nos anos setenta, adquirindo caráter empresarial no final da década de oitenta. A cadeia produtiva do camarão passa por constantes evoluções e cada vez mais aperfeiçoam-se, buscando desenvolver-se em termos de qualidade — nos padrões internacionais — e maior lucratividade. Segundo dados da FAO, em 2018 o Brasil estava no ranking como décimo maior produtor, com 52.100t, o que representa 1,01% da produção mundial (FAO, 2018).

Os maiores produtores brasileiros se situam no Nordeste, que responde por 95,8% da produção nacional e por 88,6% do total de produtores, com destaque para os Estados do Rio Grande do Norte e do Ceará (TAHIM, 2014). O clima favorece a prática e o cultivo o ano inteiro, tornando essa região a maior produtora do país. O Nordeste brasileiro é a principal região produtora de camarão nacional, verificando-se intensa concentração de produtores ao longo de suas áreas costeiras e estuarinas.

A produção em cativeiro passou a se tornar economicamente viável no interior do Ceará na medida em que a salinidade dos reservatórios foi aumentando, por conta da estiagem. As condições do sertão nordestino proporcionam a realização da atividade e conseqüentemente renda ao homem do campo. A partir daí, pequenas e médias criações começaram a se multiplicar às margens do rio Jaguaribe, que contempla o município de Jaguaruana, onde possui grande potencial para esse empreendimento, por meio das condições climáticas.

Os produtos da carcinicultura possuem elevado valor comercial na alimentação humana e na geração de emprego e renda, visto que se utiliza de mão-de-obra não especializada, o que torna mais fácil para ser absorvida por agricultores familiares ou pescadores artesanais (FLORES, 2004). Desta forma, a carcinicultura surge para a agricultura familiar e para a pesca artesanal como urna nova oportunidade de mercado.

O custo de produção dessa atividade é mais elevado, principalmente no que tange a sua implementação, quando comparada a maior parte de outros investimentos das atividades rurais agrícolas, mas a carcinicultura assegura uma alta rentabilidade por área produzida, possibilitando um melhor nível de renda extraída de áreas menores. Apesar de ser um empreendimento economicamente viável, os ambientes fluviais vêm sofrendo significativo

aporte de cargas poluentes, pois efluentes são lançados diretamente nos corpos d'água, contribuindo para a eutrofização, salinização e contaminação da água desses mananciais.

O controle ambiental nem sempre é considerado pelos produtores, o que leva a diversos problemas. Uma vez que o mesmo corpo hídrico que fornece a água necessária à criação dos camarões é aquele que receberá os efluentes provenientes do desenvolvimento da atividade em locais cuja circulação hidrodinâmica resulta numa pequena taxa de renovação das águas, a dispersão dos efluentes pode ser pouco eficiente para evitar que as fazendas de camarão reutilizem seus próprios efluentes contaminados (OLIVEIRA et al., 2006), prejudicando o adequado desenvolvimento dos camarões. Assim, a carcinicultura pode servir como indicadora de poluição nos ecossistemas, já que a qualidade da água pode ser reduzida a tal ponto que impeça a sua prática.

Em virtude da problemática da contaminação das águas é necessário discutir os riscos gerados pela carcinicultura, principalmente em áreas de preservação permanente (APP), que nesse caso são os entornos dos rios (mata ciliar), avaliando por meio do sensoriamento remoto o avanço da carcinicultura para as áreas interiores. Logo, por meio do sensoriamento remoto é possível fazer um mapeamento que identifica áreas susceptíveis quanto a impactos ambientais potenciais provocados no que diz respeito ao uso de uma área. As técnicas de geoprocessamento possuem importantes ferramentas que podem ser aplicadas no monitoramento, planejamento e na tomada de decisões voltadas às atividades antrópicas e ambientais, a partir de dados georreferenciados.

Diante dessas premissas, a hipótese do trabalho é que a microrregião do Baixo Jaguaribe, dando ênfase ao município de Jaguaruana, pode apresentar problemas ambientais, devido aos efluentes de viveiros da carcinicultura, que não tem características que permitam seu descarte em corpos d'água.

1.1 Objetivo

1.1.1 *Objetivo Geral*

Avaliar a adequabilidade de geotecnologias na identificação e monitoramento de mudanças geoambientais em áreas com carcinicultura oligohalina.

1.1.2 *Objetivos Específicos*

- Identificar as alterações com a implantação e desenvolvimento da carcinicultura em cativeiro sofridas no entorno do rio Jaguaribe, no município de Jaguaruana.
- Discutir os riscos potenciais do descarte inadequado dos resíduos da carcinicultura para o rio Jaguaribe, no município de Jaguaruana.

1.1.3 *Justificativa*

Este trabalho justifica-se por essa caracterização ambiental ser de grande relevância e poder prevenir prejuízos socioambientais de curto e longo prazo, favorecendo a qualidade de vida da população do município e o meio ambiente como um todo.

O uso de imagens de satélite constitui-se praticamente na única forma de mapear e monitorar atividades de carcinicultura em áreas extensas como é o caso da região do Vale do Jaguaribe, pois as atividades de carcinicultura estão presentes em toda a extensão do Rio Jaguaribe. As imagens do satélite Landsat têm sido uma ferramenta importante pela disponibilidade temporal e por ser gratuita.

As geotecnologias são constantemente utilizadas por diversos trabalhos em diferentes regiões do Brasil, incluindo a identificação de ecossistemas através do mapeamento e monitoramento das áreas de interesse. A Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH) tem o objetivo de ampliar a capacidade de observação de irregularidades e favorecer o planejamento da gestão de reservatórios. As imagens de satélite reforçam a fiscalização e otimizam o monitoramento dos usos da água no Ceará. Essa tecnologia é uma inovação que é utilizada aplicada pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH).

O sensoriamento remoto aliado a um gestor de águas como a COGERH é muito útil, com imagens diárias e de todo o Estado, é possível a detecção de irregularidades com agilidade para cumprir instrução legal da Secretaria de Recursos Hídricos, que dispõe dos instrumentos de fiscalização, autuação e interposição de recursos por infrações à Legislação Estadual de Recursos Hídricos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Histórico da aquicultura no semiárido

A aquicultura (ou aquacultura) é a produção de alguns organismos que habitam o ambiente aquático, em cativeiro. Uma de suas atividades é a carcinicultura, que compreende a criação de camarões (VICENTE; MELLO; SILVA, 2016). Segundo dados da FAO (2016), a aquicultura é o segmento da produção de alimentos de origem animal em maior crescimento e alcançou aproximadamente 101 milhões de toneladas em 2014 e um faturamento próximo a 166 bilhões de dólares.

Dentro do setor aquícola, a carcinicultura, em especial o cultivo de camarão merece destaque devido a sua importância econômica, pois, conforme menciona Campos (2006, p. 42), “dentro do mercado mundial, o camarão destaca-se como um dos mais importantes produtos pesqueiros incluídos na categoria de produto aquático”, os quais também possuem elevado teor nutritivo, além de vir despontando como de excelente performance para comercialização e geração de renda em países que apresentam escassas oportunidades de investimento para os produtores rurais.

A carcinicultura é uma atividade que tem apresentado grande crescimento a nível mundial nos últimos anos. Apesar de ser uma atividade relativamente recente no Brasil, a carcinicultura se encontra em franco crescimento, e pode ser considerada consolidada, tendo a região nordeste como principal polo produtor do país, destacando-se como principais produtores, os estados do Rio Grande do Norte e o Ceará, responsáveis por 95% da produção do país (ROCHA; ROCHA, 2010).

O desenvolvimento do cultivo de camarão em cativeiro na região Nordeste do Brasil teve início na década de 1970, com a implantação de projetos pioneiros, em áreas costeiras abandonadas pela atividade salineira, destacando-se a iniciativa do Governo do Rio Grande do Norte com a criação do “Projeto Camarão”, com o objetivo de substituir a extração de sal pelo cultivo de camarão. Entretanto, foi apenas na década de 1980 que começou a ser explorado o camarão de forma empresarial (CARVALHO et. al, 2005). A partir dos anos 1990 a atividade experimentou um crescimento significativo. De acordo com Souza Filho et al. (2003), o camarão de cultivo no Brasil representou um aumento de 31% nas exportações de pescados em 2001. Além disso, segundo estes autores, a produção brasileira de camarão cultivado alcançou 60 mil toneladas em 2002, onde aproximadamente 96% desta produção se concentrou na região Nordeste e 3% na região Sul do país.

O Brasil, em 2003, passou a ocupar sexto lugar no ranking de produção de camarão, representando 5,58% da produção mundial, em uma área de 14.000 hectares de cultivo (CARVALHO et. al, 2005). A carcinicultura brasileira foi particularmente bem-sucedida no ano de 2003, pois bateu um recorde de produção ao ultrapassar as 90 mil toneladas de camarões, das quais quase 80% destinaram-se ao mercado internacional, com um valor de exportação da ordem de 226 milhões de dólares, ocupando assim, o 2º lugar na pauta de exportações do setor primário da região Nordeste (SOUZA FILHO et al, 2003).

O Brasil produziu e exportou mais camarão cultivado do que o Equador, bem como ocupou o 1º lugar das exportações do setor pesqueiro brasileiro em 2003. Além disso, se destacou em 1º lugar nas importações de camarão pequeno / médio dos EUA em 2003; e em 1º lugar nas importações de camarão tropical da União Europeia, em 2004, com o Equador sempre em 3º lugar (ABCC, 2017).

A carcinicultura está em acelerado crescimento nos Estados do Nordeste. No Ceará, em 2002, tramitavam 253 processos de licença para implantação da atividade na Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE) do Estado do Ceará. Além disso o Governo Federal vem incentivando a carcinicultura com o Programa de Apoio ao Desenvolvimento da Atividade do Cultivo de Camarão (FIGUEIREDO; ROSA; GONDIM, 2003).

O Estado do Ceará é um dos maiores produtores em escala nacional de camarão cultivado. Segundo dados da Associação Brasileira dos Criadores de Camarão (2003), a criação de camarão no Brasil é desenvolvida, principalmente, por nove estados nordestinos e cinco de outras regiões (Santa Catarina, Paraná, Espírito Santo, Pará e Rio Grande do Sul), sendo os maiores volumes de produção da região Nordeste provenientes, pela ordem, Rio Grande do Norte, Ceará Bahia, Pernambuco, Paraíba, Piauí, Sergipe, Maranhão e Alagoas. Ceará, Rio Grande do Norte, Bahia e Pernambuco detêm 85,80% da população brasileira.

A cadeia produtiva do camarão no Nordeste do Brasil é bem estruturada, possuindo uma entidade representativa, a Associação Brasileira de Criadores de Camarão – ABCC, com forte atuação na estruturação da cadeia produtiva. (CARVALHO et al., 2005). Aproximadamente 96% da produção brasileira de camarão se concentra na região Nordeste; a Região Sul representa 3% do total, impulsionada principalmente pelo estado de Santa Catarina (SOUZA FILHO et al, 2003).

A carcinicultura notoriamente cresce, desenvolve-se e firma-se como um agronegócio de elevada competitividade e relevante apoio a economia litorânea. Os empreendimentos de carcinicultura, estão na sua maioria localizados na faixa litorânea,

principalmente nos mananciais com influência das águas salinas, face as condições favoráveis do ambiente que apresenta características como solo, clima, e água, dentro dos padrões para o pleno desenvolvimento da atividade, embora o cultivo da espécie em água doce, venha se desenvolvendo nas planícies fluviais de alguns rios como o rio Jaguaribe.

A região Nordeste do Brasil mostra-se muito propícia para o cultivo do camarão, em face de um amplo potencial hídrico, mão-de-obra de baixo custo, boa aceitação do produto no mercado, incentivos governamentais e concepções constantes de crescimento da demanda (NUNES, 1993). Além de boas condições ambientais para a carcinicultura, a região Nordeste foi a precursora em estudos técnicos que visaram à implantação e ao desenvolvimento da atividade no país. No início da década de 1970, foram feitos testes de produção com diferentes espécies (RIBEIRO et al., 2014).

Considerando o desenvolvimento da aquicultura no âmbito global, nacional, estadual e local, cada vez mais é necessária a utilização de métodos que visem a seleção de locais propícios para as mais variadas atividades aquícolas. Assim, no processo de planejamento do desenvolvimento da atividade de carcinicultura, a análise espacial constitui um elemento de grande importância, possibilitando identificar possíveis conflitos de uso dos recursos, minimizar impactos ambientais e socioeconômicos. Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) juntamente com dados de classificação de uso do solo, de análises biológicas, geográficas e socioeconômicas, podem obter informações úteis para classificar as áreas para implantação e desenvolvimento da atividade de carcinicultura, gerando menores impactos socioambientais, conservando áreas protegidas e beneficiando os investidores com melhorias na produtividade.

Soares et al. (2007) usando imagens orbitais do satélite LANDSAT e cartas topográficas digitalizadas dos anos de 1999, 2002 e 2005, produziram mapeamento e levantamento das regiões ocupadas com atividades de carcinicultura no estuário do rio Jaguaribe, Estado do Ceará, e visualizaram aumento significativo da área ocupada com esta atividade, e estimaram que em 1999 existiam 408,69 ha de fazendas de camarão em cativeiro, em 2002 eram 909,32 ha e em 2005, 1.676,78 ha. Segundo informações fornecidas por técnicos da Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará (SEMACE), em 2011 foram contabilizadas 55 fazendas nos municípios de Russas, Quixeré, Jaguaruana e Itaiçaba (LEITÃO, 2011).

A criação comercial de camarões marinhos em água doce ou águas oligohalinas no Brasil se expandiu rapidamente e já ocupa uma posição de destaque no ranking mundial dos produtores de camarão, num mercado que cada vez mais se caracteriza pela força da

competitividade e no qual o volume da oferta não é o único requisito para se manter entre grandes exportadores (CAMPOS; CAMPOS 2006).

2.2 Aspectos Socioeconômicos

O setor aquícola tem apresentado uma grande contribuição para o desenvolvimento econômico do Brasil, em particular, para os Estados da região Nordeste. Nesse cenário, destaca-se a importância da carcinicultura para o Estado do Ceará no que se refere às variáveis econômicas de produção, produtividade e, também, pela extensão das áreas destinadas à exploração desse segmento econômico. A carcinicultura adapta-se facilmente às características do clima e solo do Estado, pois é uma atividade que se desenvolve sem a presença constante de chuvas (LIMA, 2004).

A carcinicultura apresenta-se como uma atividade muito lucrativa, tanto para os produtores, quanto para a região à qual está inserida, não só pela geração de empregos, como também pela geração de lucro, uma vez que é parte integrante das exportações, melhorando o desempenho da balança comercial, não só do Estado, como do próprio país (RODRIGUES, 2007). O mercado internacional para a produção de camarão cultivado está passando a figurar entre as principais commodities do setor primário, transformando a carcinicultura nordestina numa atividade competitiva.

A implantação de programas de aquíicultura gera riqueza com ganhos significativos para a economia regional e nacional, criando empregos diretos e indiretos e melhorando a qualidade de vida da população local (VALENTI, 2002). A carcinicultura vem assumindo importância social no Brasil, principalmente nos estados do nordeste. Este setor gera oportunidades de negócios, empregos, renda e está associado à capacidade de contribuir para redução das desigualdades sociais e para evitar o êxodo rural.

A carcinicultura aparece então como forte opção nesse sentido, influenciando na renda municipal e no nível de vida da população de forma direta, indireta e induzida. Por indução, a renda gerada integra uma rede que multiplica os efeitos diretos pelo consumo: estimula o comércio, que demanda produtos, emprega e paga impostos. O acréscimo de arrecadação propicia aumento dos gastos do governo municipal, integrando uma nova cadeia de multiplicadores de emprego e renda e estimulando a ampliação da oferta de serviços, tanto privados quanto públicos, impactando muito positivamente no Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).

A atividade da carcinicultura tem sido responsável pela geração de emprego e

renda para as populações locais. Um estudo feito por Sampaio et al. (2008), avaliou os impactos da carcinicultura em municípios do Nordeste do Brasil, mostrando a importância substancial da atividade para a geração de empregos formais e informais, geração de renda e arrecadação dos municípios.

A carcinicultura apresenta-se como alternativa para a população que vive na zona rural do Nordeste brasileiro, no que diz respeito à geração de renda, tornando-se uma das poucas opções econômicas do setor primário desta região. A melhoria da qualidade de vida de uma população se origina na geração de empregos. E a carcinicultura é uma das atividades econômicas que mais empregam no nordeste brasileiro através dos seus três segmentos produtivos: os laboratórios de produção de pós-larvas; as fazendas de engorda e as unidades de beneficiamento. Somando o emprego direto gerado por hectare, de 1,86 emprego, chega-se a 3,75 empregos gerados por hectare de viveiro em produção (CARVALHO et. al, 2005).

No que diz respeito ao emprego, a carcinicultura ainda é uma alternativa local importante (JOVENTINO, 2008). A carcinicultura tem produzido benefícios econômicos e sociais no Brasil, sobretudo na região Nordeste. Em 2011, a cadeia produtiva do camarão cultivado - formada de laboratórios de pós-larvas, fazendas de engorda e centros de processamento - gerou R\$ 1 bilhão (ABCC, 2013). A produção de camarão criado em viveiro cresceu, totalizando 45,8 mil toneladas em 2018. O Nordeste é responsável por quase toda a produção do país, com 99,4% do total nacional. Na região, se destaca o Rio Grande do Norte (43,2%) e o Ceará (28,5%). Pendências (RN) se tornou a primeira no ranking das 162 cidades que produziram camarão em 2018, seguido por Aracati (CE), Canguaretama (RN) e Arês (RN). O valor de produção da carcinicultura nacional alcançou R\$ 1,1 bilhão em 2018 (IBGE, 2018).

Sabe-se que esta atividade gera 1,89 emprego direto e 1,86 emprego indireto por hectare de viveiro em produção, totalizando 3,75 empregos por hectare. A carcinicultura tem se colocado como uma alternativa econômica promissora para os municípios, os impactos sociais positivos provêm não só da geração de empregos propriamente dita, mas, também, da geração de alternativas econômicas para áreas que se encontram estagnadas ou em declínio econômico (SAMPAIO; COUTO, 2008).

A carcinicultura, embora utilize apenas 3,3% do seu potencial, já é uma atividade consolidada no Brasil, com viabilidade técnica, econômica, social e ambiental demonstradas, participando ativamente na mitigação dos problemas de pobreza, através da geração de negócios, renda, divisas e empregos para trabalhadores com baixo nível de escolaridade e sem qualificação profissional (ROCHA; ROCHA 2010).

A carcinicultura na Paraíba é uma atividade consolidada no agronegócio do estado e possui grande importância econômica nos dois polos produtores: Região litorânea e no vale do Rio Paraíba. A produção estadual é de 1.530 toneladas segundo levantamento realizado pelo Ministério da Pesca e da Aquicultura, ocupando a sétima colocação nacional dos estados brasileiros produtores de camarão marinho (ABCC/MPA, 2013). No vale do Rio Paraíba encontra-se fazendas na maioria de micro e pequenos produtores nos municípios de Pilar, Mogeiro, Salgado de São Félix, São Miguel de Taipú e Itabaiana utilizando água oligohalina do próprio rio, poços e reservatórios. Dos 53 produtores de camarão ativos no estado da Paraíba, 43 são de micro e pequenos empreendimentos (ABCC/MPA, 2013).

A geração de empregos vem acompanhada não só do fator trabalho, mas, também, da renda que, no cultivo do camarão, é gerada em caráter quase que permanente para a mão-de-obra empregada. O cultivo de camarões se concentra em alguns municípios, gerando impacto significativo sobre o emprego e a renda municipal, onde a elevação da renda, por sua vez, deve repercutir no aumento da arrecadação municipal, de forma direta e indireta, proporcionando condições para maior investimento social (SAMPAIO et al., 2008)

Os tamanhos mínimo, máximo e médio das fazendas, principalmente do micro produtor, revelam a rápida adaptação da carcinicultura para a constituição e sustentabilidade econômica da pequena unidade produtiva no meio rural do Brasil. Fica assim evidenciada a importância da carcinicultura como atividade que contribui para a inclusão social e a distribuição da riqueza no meio rural, melhorando o bem-estar das populações das áreas litorâneas e interioranas do Nordeste.

Sabe-se que a atividade é concentrada em alguns municípios e que, nestes, deve ter impacto destacado sobre o emprego e a renda municipal. A elevação da renda, por sua vez, deve repercutir no aumento da arrecadação municipal, direta e indireta, proporcionando condições para maior investimento social. A renda mais elevada e o emprego propiciam ampla possibilidade de aumento nos níveis de consumo e bem-estar da população desses municípios.

Diante deste cenário, com o desenvolvimento dos municípios e localidades que são contempladas com os lucros da atividade da carcinicultura, e conseqüentemente um aumento do consumo, pois estão diretamente interligados, pode acarretar em problemas ambientais, uma vez que a grande demanda da produção e do consumo afetam diretamente a retirada de matérias primas da natureza, com a poluição do meio ambiente.

Com o aumento da carcinicultura em diversas regiões do país surgem, conseqüentemente, um aumento real dos riscos de impactos causados ao meio ambiente, além dos socioeconômicos.

2.3 Aspectos Ambientais

A carcinicultura, como qualquer atividade econômica, provoca alterações no meio ambiente, podendo essas alterações ser reduzidas a níveis compatíveis com a capacidade de suporte do meio (FIGUEIREDO; ROSA; GONDIM, 2003). O aporte de nutrientes descartados diretamente no ambiente sem tratamento prévio, oriundos do acúmulo de restos de alimentos, fezes e fragmentos de animais nos fundos dos tanques, pode causar deterioração das águas dos corpos receptores e/ou sua eutrofização e a sedimentação decorrentes da disposição dos efluentes levam à modificação do habitat, potencialmente provocando a perda da fauna, sobretudo de organismos bentônicos (RIBEIRO et al., 2014).

Segundo Figueiredo et al. (2005), em um estudo na região do rio Jaguaribe, os resultados mostraram que, embora os efluentes contínuos se apresentem dentro dos padrões estabelecidos pela legislação, na despesca os valores obtidos para pH, amônia total, sólidos suspensos e sedimentáveis estão acima dos valores permitidos contribuindo para a deterioração progressiva da qualidade da água dos corpos hídricos da região. Santos (2011) observou em pesquisa na Bahia que tanto o camarão (*Penaeus brasiliensis*) quanto o sururu (*Mytella guyanensis*) apresentaram maior tendência à acumulação de cádmio e de chumbo com teores acima do limite previsto pela legislação.

Rocha et al. (2008) observaram que a reutilização do efluente da carcinicultura em um sistema integrado, que incluía criação de camarões, sedimentação, criação de ostras e macroalgas marinhas, apresentou resultados satisfatórios para a melhoria da qualidade da água. Miranda et al. (2007) testaram o reúso de efluentes finais de tanques de cultivo de camarão de uma fazenda localizada no município de Russas/CE para produção de arroz e melão como medida de redução dos impactos causados pelos lançamentos nos corpos hídricos, sendo comparados os resultados de produção a partir do usos destas águas residuárias, águas do rio Jaguaribe e aplicação de fertilizante químico com 100 e 75% das doses recomendadas para ambas as culturas.

Para ser adotado um novo estilo de desenvolvimento voltado para a sustentabilidade, é essencial que sejam confeccionados mecanismos, estratégias e atividades que enquadrem as atividades de carcinicultura de maneira harmônica em suas relações entre as comunidades, o meio ambiente e o desenvolvimento (JOVENTINO, 2008).

Tem-se verificado incremento da publicidade no tocante às questões ambiental e social ligadas à criação de camarão que, junto à explosão do aparecimento de doenças em vários países, levantaram questionamentos sobre a sustentabilidade da atividade. Tais pontos

têm sido usados para criticar a atividade como um todo, relacionando tanto criadores com reais problemas de manejo e gerenciamento como criadores que seguem religiosamente os preceitos técnicos estabelecidos. Desta forma, logo, faz-se necessária uma estratégia para separar empreendimentos em boa situação daqueles que merecem maiores cuidados. Vale lembrar que a maioria dos carcinicultores vem adquirindo a consciência de que a sustentabilidade do cultivo do camarão marinho em cativeiro passa necessariamente pela qualidade ambiental, buscando-se, assim, aliar a atividade ao meio ambiente (CARVALHO et. al, 2005).

Um projeto de carcinicultura, ao ser aprovado, submete-se durante as fases de elaboração de projeto até o início da operação a três licenças ambientais:

- a) Licença Prévia (LP), na fase preliminar de planejamento da atividade, contendo requisitos básicos a serem atendidos nas fases de localização, instalação e operação, observados os planos municipais, estaduais ou federais de uso do solo;
- b) Licença de Instalação (LI), autorizando o início da implantação, de acordo com as especificações constantes do Projeto Executivo aprovado;
- c) Licença de Operação, autorizando, após as verificações necessárias, o início da atividade licenciada e o funcionamento de seus equipamentos de controle de poluição, e acordo com o previsto nas Licenças Prévia e de Instalação.

Essas licenças conferem à atividade uma garantia de que o projeto poderá ser impugnado até a licença de operação ou mesmo em seus processos de revisão se tiver alguma irregularidade. Fatores usados como indicadores do baixo impacto ambiental causado pela carcinicultura cultivada podem ser avaliados pelo grau da qualidade dos efluentes da água das fazendas de camarão e do esgoto doméstico.

A carcinicultura é uma atividade que se utiliza muita água e o maior consumo de ocorre nas trocas de água no viveiro e na despesca. O descarte de efluentes para os corpos hídricos pode acarretar mudanças nas características da água e efeitos negativos sobre a biota, já que a água proveniente dos cultivos é rica em matéria orgânica e sólidos em suspensão (LEITÃO et al., 2011). A racionalização do uso da água torna-se então uma ação estratégica e indispensável. Ao mesmo tempo, os efluentes dos viveiros de camarão, ricos em nutrientes e matéria orgânica, podem contribuir para mudanças no estado trófico dos corpos hídricos receptores (CASTELLO et al., 2008; ALENCAR et al., 2010) portanto, precisam ser adequadamente tratados antes da descarga final. Com relação às descargas nas lagoas da região, a Portaria 154/2002 da SEMACE proíbe o lançamento de efluentes in natura em corpos lânticos. Outro fato a considerar é o lançamento desses efluentes da carcinicultura no

rio Jaguaribe, cujas águas abastecem a população das cidades de Russas, Jaguaruana, Quixeré e Itaiçaba.

A aplicação das tecnologias desenvolvidas a partir de pesquisas para o controle e/ou prevenção dos impactos por si só não resolve os problemas presentes na carcinicultura; é fundamental que essas tecnologias sejam empregadas em conjunto com boas práticas de manejo, a fim de determinar uma aquicultura sustentável e, conseqüentemente, fazendas bem administradas, que geram menos impactos. A sustentabilidade desejada depende de muitos fatores, entre os quais se ressaltam as políticas e os regulamentos globais, a seleção de espécies, a tecnologia apropriada e o apoio concordante do governo (RIBEIRO et al., 2014).

Para que o desenvolvimento sustentável da atividade possa ocorrer, é necessário que se tomem iniciativas não apenas no que se refere aos instrumentos de comando (legislação) e controle (monitoramento e fiscalização), mas também no sentido de se impulsionar mudanças de comportamento dos produtores e entidades envolvidas na atividade (JOVENTINO, 2008). A expansão da carcinicultura, aliada a qualidade ambiental se dará a partir da utilização racional dos recursos naturais, principalmente com relação a capacidade de suporte dos ambientes propícios para a implantação de novos projetos (SOARES et. al, 2007).

Diante disso, a Associação Brasileira de Criadores de Camarão (ABCC), lançou, em 2012, um documento intitulado Procedimento de Boas Práticas de Manejo e Medidas de Biossegurança para a Carcinicultura Brasileira com o objetivo de promover, para todos os empreendimentos que compõem a atividade, uma orientação abrangente e segura de como prevenir, controlar e, se possível, erradicar as enfermidades que afetam o camarão cultivado. Assim, a regularidade e a sustentabilidade da produção seriam asseguradas (ABCC, 2012).

Infelizmente, o Brasil ainda é incipiente no tocante a mecanismos de educação/conscientização ou mesmo de fiscalização eficientes que possam direcionar o desenvolvimento da carcinicultura para uma atividade sustentada. De acordo com Carvalho (2002), a Resolução do Conama no 312/2002, que regulamenta a atividade carcinicultora no país, diz que todas as fazendas de camarões terão que dispor de recirculação e de bacias de sedimentação/estabilização. Entretanto, são pouquíssimos os produtores que atendem a essa exigência. A maioria das fazendas operam com sistema de renovação de água, admitindo-se uma taxa de até 20% ao dia, desconsiderando alternativas que possam minimizar os problemas de qualidade de água.

2.4 Características físico-químicas da carcinicultura

O tempo médio de vida proveitoso de um tanque de carcinicultura, devido a problemas decorrentes da auto contaminação e a doenças, é entre 7 e 15 anos, para fazendas com boa administração, e entre 5 a 10 anos, para fazendas com sistemas intensivo e semi-intensivo de produção. Esse tempo pode ser menor nas regiões de manguezal devido à elevada quantidade de matéria orgânica e acidez dos solos (RIBEIRO et al., 2014).

Muitos tipos de sistemas de cultivo de camarões são utilizados no mundo, tais como viveiros escavados em terra, tanques à base de concreto, gaiolas flutuantes e cercados. Os cultivos também se distinguem na forma de alimentação, bem como nas taxas de renovação de água, as quais têm consequência na quantidade e qualidade dos efluentes gerados.

O preparo do viveiro para um novo cultivo é uma etapa muito importante, influenciando no sucesso ou insucesso do próximo ciclo. Algumas etapas devem ser seguidas nesse processo, como: Secagem do Solo - O solo deve ser exposto ao sol para que seque até ficar rachado, isto acontece geralmente no prazo de 7-10 dias, em épocas sem chuva. No período chuvoso não se deve aguardar pela secagem do solo. Manutenção de Taludes e Comportas - Durante o período de secagem do solo o produtor deve realizar, quando preciso, serviços de manutenção e reforço de taludes. Nesta etapa devem ser realizadas, também, a limpeza das valas do fundo dos tanques, escavando pelo menos duas vezes por ano, e a manutenção das comportas e telas de comportas.

Figura 1 - Tanque de carcinicultura no momento de despesca com resíduo de fundo exposto, no município de Jaguaruana –CE.



Fonte: Autoria própria. Foto: Bruna Aires.

2.5 Sensoriamento Remoto e Monitoramento Ambiental na aquacultura

O sensoriamento para recursos naturais tem sido definido de várias maneiras, mas todas elas expressam um objetivo comum, ou seja o conjunto de atividades utilizadas para obter informações a respeito dos recursos naturais, renováveis e não renováveis do planeta Terra, através da utilização de dispositivos sensores colocados em aviões, satélites ou, até mesmo na superfície. Percebe-se que o enfoque maior é transmitir a ideia de uma nova tecnologia (conjunto de programas “softwares” e equipamentos “hardwares”) colocada à disposição do homem, para auxiliá-lo nas indagações sobre o manejo do meio ambiente (MOREIRA, 2001).

A utilização das técnicas de cartografia digital, geoprocessamento e sensoriamento são muito favoráveis para os estudos ambientais. O sensoriamento remoto é uma ferramenta muito útil para a avaliação, mapeamento e monitoramento de áreas pois através dessa alternativa podem ser feitas análises de imagens orbitais e o estudo do ambiente tornando-se uma possibilidade de custo relativamente baixo, para determinadas imagens em função da sua resolução, e altamente precisa, eliminando o uso demorado de mão de obra e dispensando deslocamento de pessoal e equipamentos. (ANDRADE et al., 2013)

As técnicas de Sensoriamento Remoto permitem o estudo da evolução ambiental

de uma região, através de análises multitemporais, estabelecendo comparações de uma mesma paisagem entre dois ou mais períodos, podendo desta forma, auxiliar no monitoramento ambiental da região. A utilização de imagens de satélite de média resolução, disponíveis gratuitamente, para a elaboração dos mapas temáticos constitui uma forma econômica de obtenção de dados confiáveis e adequada ao uso no planejamento rural ou urbano.

O sensoriamento remoto pode ser um grande aliado para a carcinicultura, de maneira sustentável, principalmente para definir áreas propícias para o desenvolvimento da atividade. A utilização de Sistemas de Informação Geográficos aplicados ao planejamento e ordenamento de determinadas regiões e das atividades socioeconômicas existentes apresenta diversas vantagens, que incluem a integração das técnicas de processamento digital de imagens de sensores remotos e a classificação temática automatizada com a análise espacial. Esta tecnologia permite uma melhor organização espacial das informações ambientais, otimizando a implantação de novas atividades socioeconômicas conflitantes, gerando menores impactos ambientais, resguardando áreas de proteção ambiental e beneficiando os investidores com uma melhor produtividade e segurança em áreas bem escolhidas para exploração de suas atividades (SOUTO; AMARO, 2005).

Analisar temporalmente essas áreas é uma forma de conhecermos, gradativamente, toda a evolução do processo de ocupação das mesmas e verificar o comportamento destas ao longo do tempo. A temporalidade é conceituada gramaticalmente como: “a qualidade provisória de um ser ou objeto”. Sendo, então, análise multitemporal definida como acompanhamento da evolução de um ou mais objetos em diversos períodos distintos (SOUTO, 2004).

Prina et al. (2011) avalia o uso de imagens de satélite como um facilitador em estudos de impactos ambientais, pois proporcionam o trabalho simultâneo de grandes volumes de dados e a análise de áreas com grandes extensões. O Sensoriamento Remoto representa uma ferramenta importante para a obtenção de dados básicos e espaciais, para realização de tarefas de proteção do ambiente natural, bem como para decisões de planejamento, fornecendo estruturas básicas para a observação do meio.

O sensoriamento remoto também é importante para o estudo de transformações da paisagem, pois permite analisar o comportamento espectral da vegetação e da água para assim melhor avaliar a área de interesse e identificar causas para a modificação do curso dos rios e a devastação das áreas de mata ciliar. O uso do geoprocessamento é crescente para estudos ambientais isto se deve à capacidade de considerar de forma integrada diferentes variáveis no espaço e suas alterações temporais em uma base de dados georreferenciada.

A partir do sensoriamento remoto é possível ser feitas escolhas de áreas para o cultivo de acordo com critérios técnicos e ambientais, e assim realizar observações e conclusões mais precisas através dos parâmetros estatísticos das imagens que são registradas.

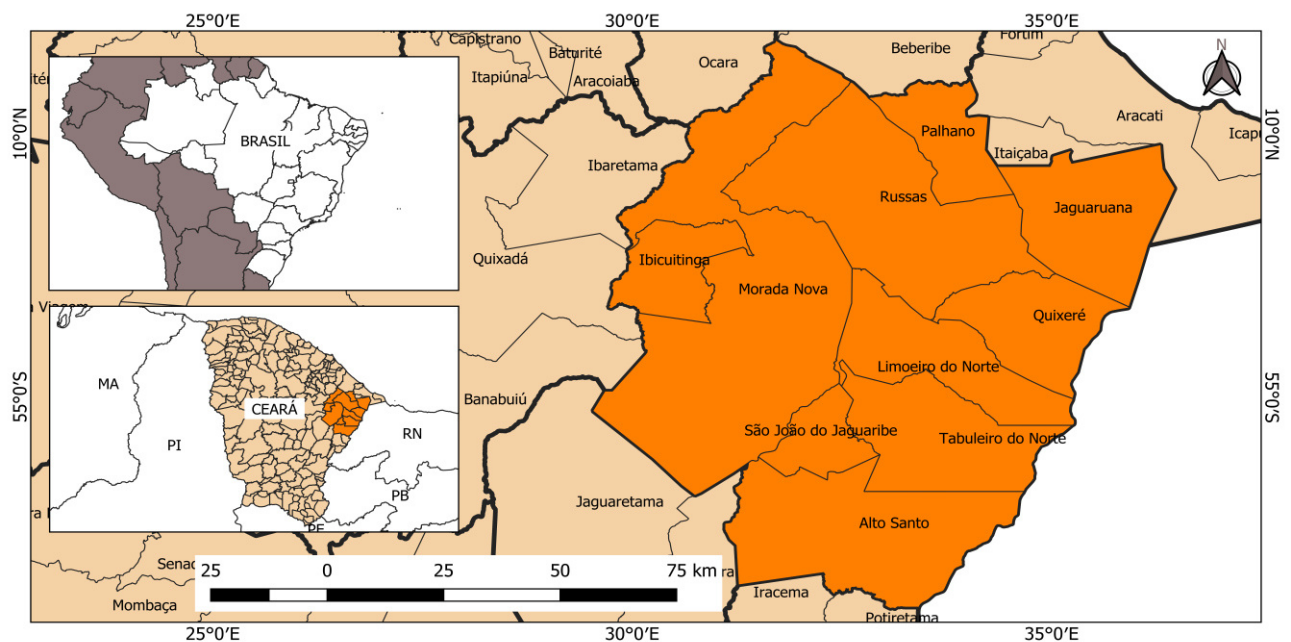
3 METODOLOGIA

A metodologia descrita a seguir compreende os procedimentos necessários na utilização de geotecnologias para fins de produção de cartografia temática, envolvendo todas as etapas do processo de preparo das imagens para serem trabalhados em Sistemas de Informações Geográficas – SIG.

3.1 Área de estudo

A microrregião do Baixo Jaguaribe é uma das microrregiões do estado brasileiro do Ceará pertencente à mesorregião Jaguaribe. Sua população é estimada em 332.877 habitantes, e está dividida em dez municípios, que são Russas, Morada Nova, Limoeiro do Norte, Jaguaruana, Tabuleiro do Norte, Quixeré, Alto Santo, Ibicuitinga, Palhano e São João do Jaguaribe. Essa microrregião possui uma área total de 9.950,989 km² e uma densidade de 33,5 hab./km² (CAMPOS, 2008). A microrregião do Baixo Jaguaribe fica a 48 metros de altitude do nível do mar.

Figura 2 - Mapa de localização da Microrregião do Baixo Jaguaribe, Ceará.
Localização da Microrregião do Baixo Jaguaribe, CE, Brasil



Legenda

- | | |
|---------------------------------|--------|
| América do Sul | Ceará |
| Microrregião do Baixo Jaguaribe | Brasil |
| Microrregiões do Ceará | |

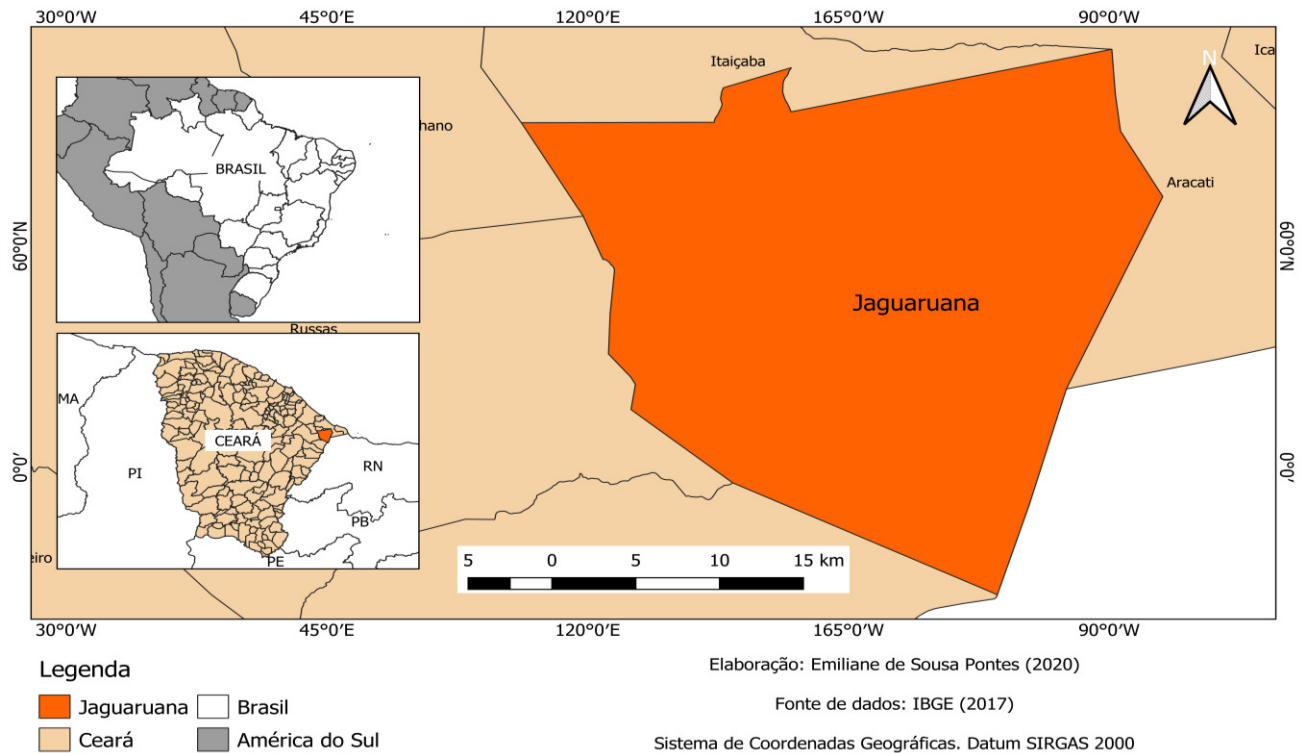
Elaboração: Emiliane de Sousa Pontes (2020)

Fonte de Dados: IBGE (2017)

Sistema de Coordenadas Geográficas. Datum SIRGAS 2000

Fonte: Dados da pesquisa

Figura 3 - Mapa de localização do município de Jaguaruana, Ceará.

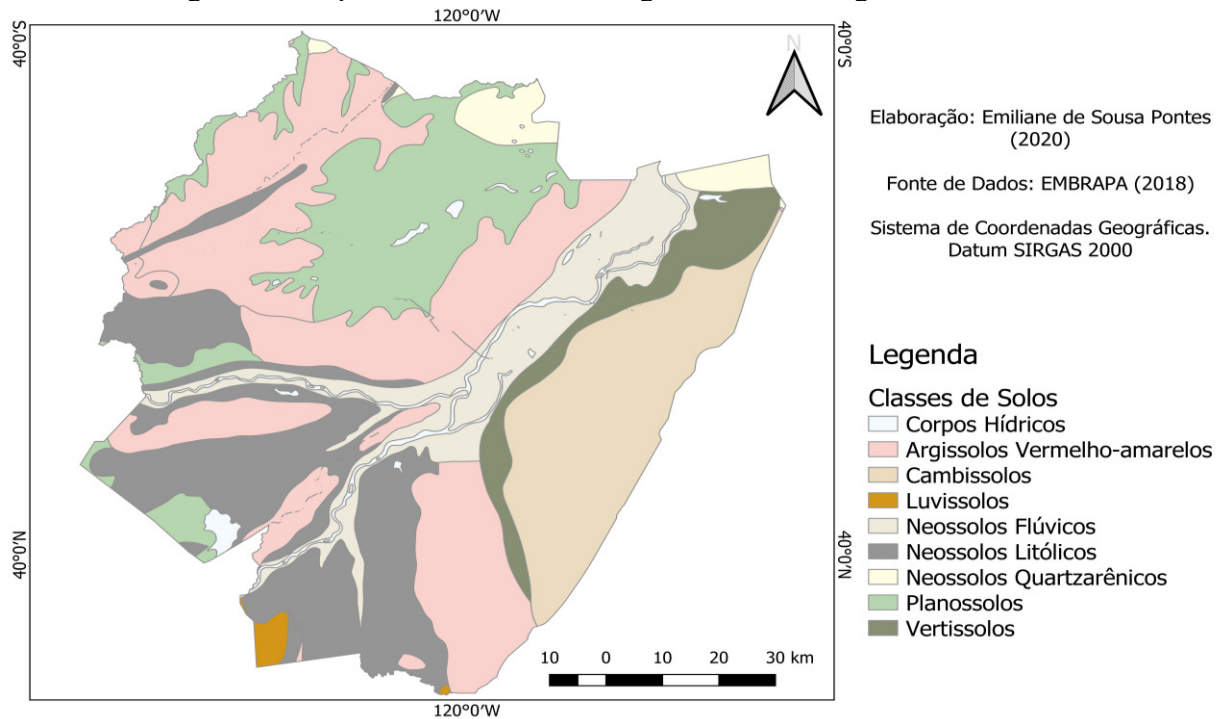


Fonte: Dados da pesquisa

Situado no setor leste do Estado do Ceará, o baixo vale do Jaguaribe compreende a sub-bacia hidrográfica de denominação homônima, onde se desenvolveu um vale fluvial limitado por um lado pelos terrenos cretáceos (período geológico) da bacia potiguar e por outro, por paleodépósitos fluviais referentes à formação Faceira (conglomerado e arenitos). A geologia do Baixo Jaguaribe está contextualizada pela sequência lito-estratigráfica na qual são identificadas rochas que compõem o embasamento cristalino, rochas plutono vulcanossedimentares e coberturas sedimentares não metamorfizadas (SOUZA et al., 2002).

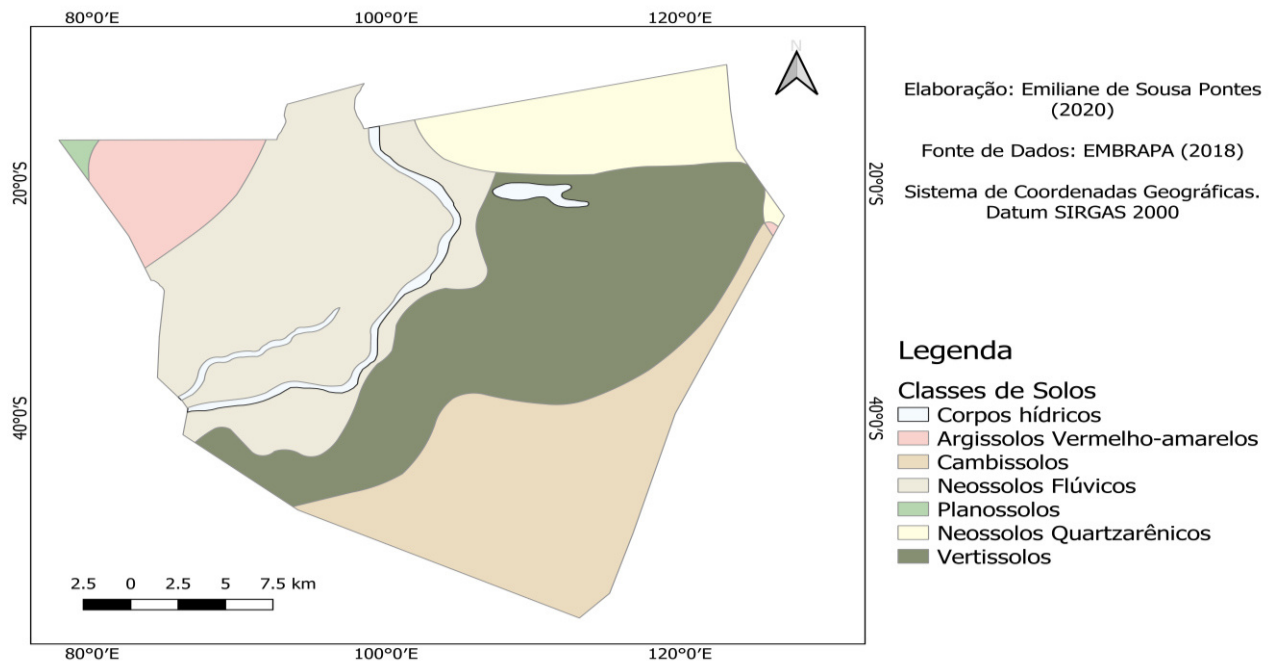
As feições topográficas do município de Jaguaruana são caracterizadas por Planícies Fluviais, Depressões Sertanejas e Chapada do Apodi. Os solos são constituídos de Areias Quartzosas Distróficas, Solos Aluviais, Cambissolo, Planossolo Solódico, Podzólico Vermelho-amarelo e Vertissolo (CARVALHO, 2019).

Figura 4 - Mapa de solos da Microrregião do Baixo Jaguaribe, Ceará.



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 5 - Mapa dos Solos do município de Jaguaruana, Ceará.



Fonte: Dados da pesquisa

3.2 Aquisição dos Dados e processamento de imagens

Foram analisadas as imagens do satélite Landsat 5 TM e Landsat 8 OLI, com resolução espacial de 30 metros, o estudo priorizou a utilização de imagens de boa resolução obtidas

gratuitamente na internet da página eletrônica do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS – United States Geological Survey), as imagens corresponderam aos mês de setembro em ambas as aquisições. As características de imageamento do Landsat, isto é, resolução espacial de 30 metros, periodicidade de 16 dias, faixa de imageamento de 185 km x 185 km e operação em seis bandas nas faixas espectrais do visível, infravermelho próximo (IVP) e infravermelho médio (IVM) favorecem os mapeamentos temáticos da superfície terrestre em escala de semidetalhe.

Foi realizado o processamento digital das imagens, conseguinte ocorreu a alimentação dos dados em ambiente SIG, nessa etapa realizou-se o agrupamento preliminar de classes por classificação supervisionada (vetorização) a partir das imagens de satélite. A elaboração dos mapas foi feita no software QGIS 3.4. Os layouts foram feitos com o objetivo de espacializar e examinar a proximidade dos tanques com os cursos hídricos. Em seguida foram realizadas pesquisas bibliográficas sobre o tema.

Para uma melhor comparação da cobertura do solo e destaque das áreas elaborou-se dois mapas temáticos referentes aos anos 2009 e avançando 9 anos outro para o ano de 2018 através dos quais pôde identificar melhor os alvos. O processamento digital das imagens como realização da composição colorida das imagens foi a base para identificação mais apurada das áreas.

Foi utilizado o software QGIS 3.4 para o cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) com o intuito de verificar a distribuição de vegetação e inferir variabilidades ecológicas e ambientais. A partir dos resultados do NDVI é possível analisar a densidade de radiação fotossinteticamente ativa refletida por determinada área. O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) proposto por (ROUSE et al., 1974, p. 309) é calculado pela seguinte relação:

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$$

onde, NIR: Reflectância da vegetação na banda do infravermelho próximo; R: Reflectância da vegetação na banda do vermelho

O NDVI é calculado a partir da razão normalizada entre as bandas do infravermelho próximo e a banda do vermelho, variando entre -1 e 1. A normalização consiste numa relação entre as medidas espectrais de duas bandas, a infravermelho próximo e a vermelha. Os resultados do NDVI vão de -1 a 1, onde os valores mais próximos de 1 apresentam o maior

índice de reflectância na faixa do verde, portanto uma área com maior densidade de cobertura vegetal, enquanto os valores mais próximos de -1 representam áreas com menor quantidade de vegetação. A água apresenta valores próximos ao -1, superfícies sólidas com baixa densidade ou desnudas apresentaram valores positivos e por fim as nuvens apresentam valores que se aproximam a zero.

3.3 Reconhecimento dos polígonos (viveiros)

Para a identificação dos viveiros/salinas foram utilizados elementos básicos de interpretação visual de imagens, aproveitando, principalmente, as formas geométricas que eles apresentam. Feições com formas irregulares, de modo geral, são indicadoras de objetos naturais, enquanto formas regulares indicam objetos artificiais ou culturais, construídos pelo homem (FLORENZANO, 2002).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para realização de uma caracterização geoambiental eficaz definiu-se aplicações de composição coloridas e com base na resposta espectral dos alvos e análises de correlação entre as bandas. Segundo Rocha Junior (2011), a vegetação aparecerá verde ao se aplicar a banda 4 no canal verde, e as águas ficarão mais escuras por absorver mais energia, permitindo a delimitação dos corpos de água e o mapeamento da rede de drenagem, de posse dessas informações realizou-se a composição R(5)G(4)B(3) onde o canal vermelho foi adicionada a banda 5, o canal verde adicionou-se a banda 4 e no canal azul a banda 3. Esta composição salientou bem os alvos de nosso estudo e sobre elas realizou-se a classificação supervisionada onde cria-se áreas de polígonos sobre os alvos identificados e comprovados e conseguinte a isto o software QGIS 3.4 identifica feições semelhante as agrupa numa mesma coloração e classe temática.

Figura 6 – Composição RGB do município de Jaguaruana, no ano de 2009.



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 7 - Composição RGB do município de Jaguaruana, do ano de 2018.

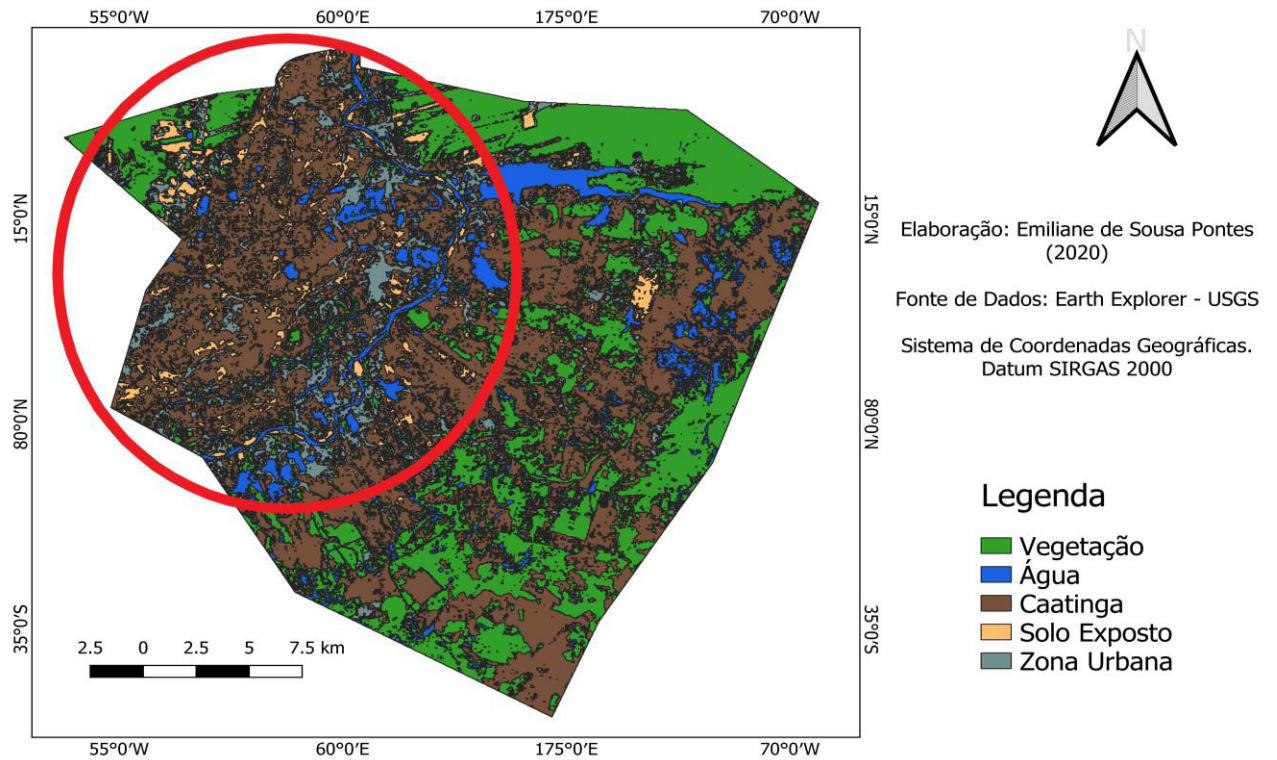


Fonte: Dados da pesquisa

4.1 Avaliação temporal e espacial

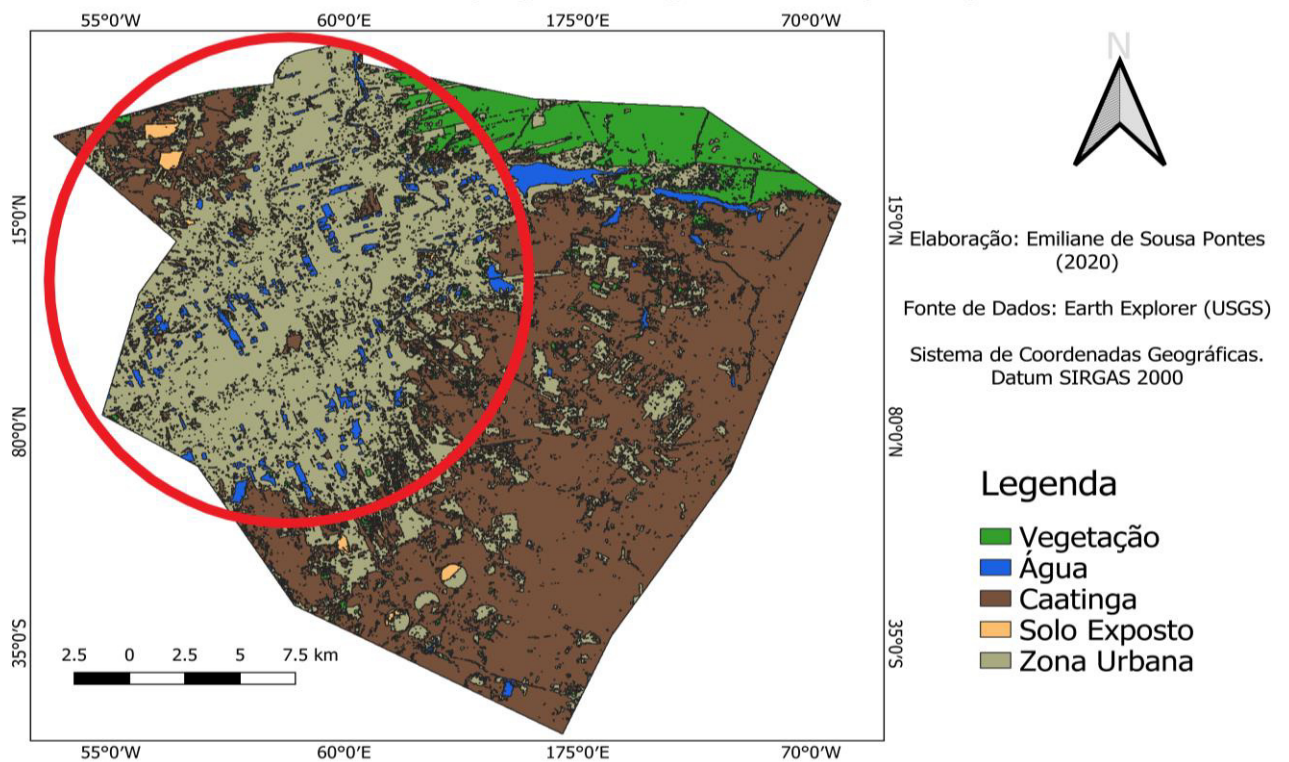
No intervalo entre o ano de 2009 (Figura 6) e 2018 (Figura 7) pode-se notar o aumento dos tanques, pelas áreas de água com polígonos bem definidos. A imagem do ano de 2009 apresenta mais corpos hídricos do que a imagem de 2018, mas é notório que esses corpos d'água não são de carcinicultura por causa de seu formato (não são polígonos bem definidos). As áreas de água em geral, diminuíram do ano de 2009 a 2018, mas as áreas de carcinicultura aumentaram.

Figura 8 - Mapa de Uso e Ocupação do ano de 2009, no município de Jaguaruana, Ceará.



Fonte: Dados da pesquisa

Figura 9 - Mapa de Uso e Ocupação do ano de 2018, no município de Jaguaruana, Ceará.



Fonte: Dados da pesquisa

A proximidade dos tanques de carcinicultura com o rio Jaguaribe pode acarretar em um problema ambiental que é a contaminação dos recursos hídricos pelos efluentes (água de descarga dos viveiros) contaminados pelos insumos (restos de rações em processo de decomposição, fertilizantes e calcário), pois os efluentes desta atividade têm como destino final o estuário do rio Jaguaribe, e são lançados em parte sem nenhum tratamento prévio (FIGUEREDO et al, 2005).

Segundo Araújo et al. (2005), os corpos hídricos com a predominância de nitrogênio e fósforo, ocasionam a eutrofização dos ecossistemas aquáticos, com aumento na produção de algas, em especial as cianobactérias, que liberam substâncias tóxicas prejudiciais à saúde humana tanto pela ingestão como recreação com a água.

O aporte de nutrientes descartados direto no ambiente sem tratamento prévio, provenientes do acúmulo de restos de alimentos, fezes e fragmentos de animais nos fundos dos tanques, pode causar danos às águas dos corpos receptores e/ou sua eutrofização (THOMPSON *et al.*, 2002). Como resultado, a eutrofização e a sedimentação em virtude da disposição dos efluentes levam à alteração do habitat, possivelmente provocando a perda da fauna, sobretudo de organismos bentônicos (AZEVEDO, 2005).

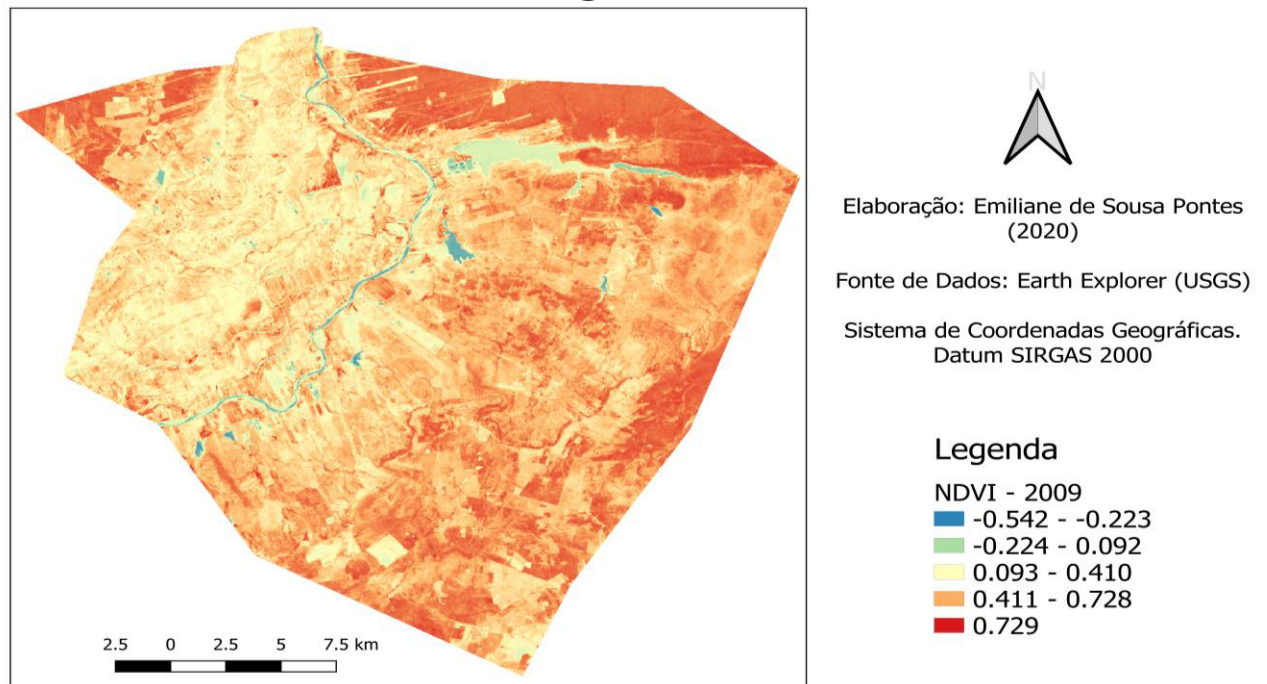
Os corpos hídricos menores, com pequena circulação de água, provavelmente sofrerão mais os impactos negativos por conta da menor capacidade de diluição e assimilação das cargas poluentes. Assim, deve-se ter em mente que a intensidade do impacto dos cultivos sobre os corpos hídricos dependerá das tecnologias e técnicas de manejo utilizadas nos empreendimentos somadas à capacidade do ambiente de absorvê-los.

Um fator importante é que mesmo a classificação de imagens de sensoriamento remoto sendo apenas uma aproximação da realidade, é notório como a expansão da carcinicultura na margem esquerda do Rio Jaguaribe impacta no desaparecimento da vegetação de caatinga e no aumento de áreas de solo exposto ou zona urbana. Segundo Figueiredo (2006), parte do pressuposto que essa atividade tem se expandido espontaneamente, sem uma política que a regule. Desse modo, os impactos negativos visualizados são de curto ou longo prazo, envolvendo o desequilíbrio ecológico, a contaminação ambiental, surtos de doenças, entre outros.

A partir das análises feitas com os mapas elaborados baseados no NDVI é possível observar grandes mudanças na cobertura vegetal entre os anos de 2009 e 2018. É nítida, que durante as análises ocorreu a diminuição das áreas com maiores índices de vegetação fotossinteticamente ativa.

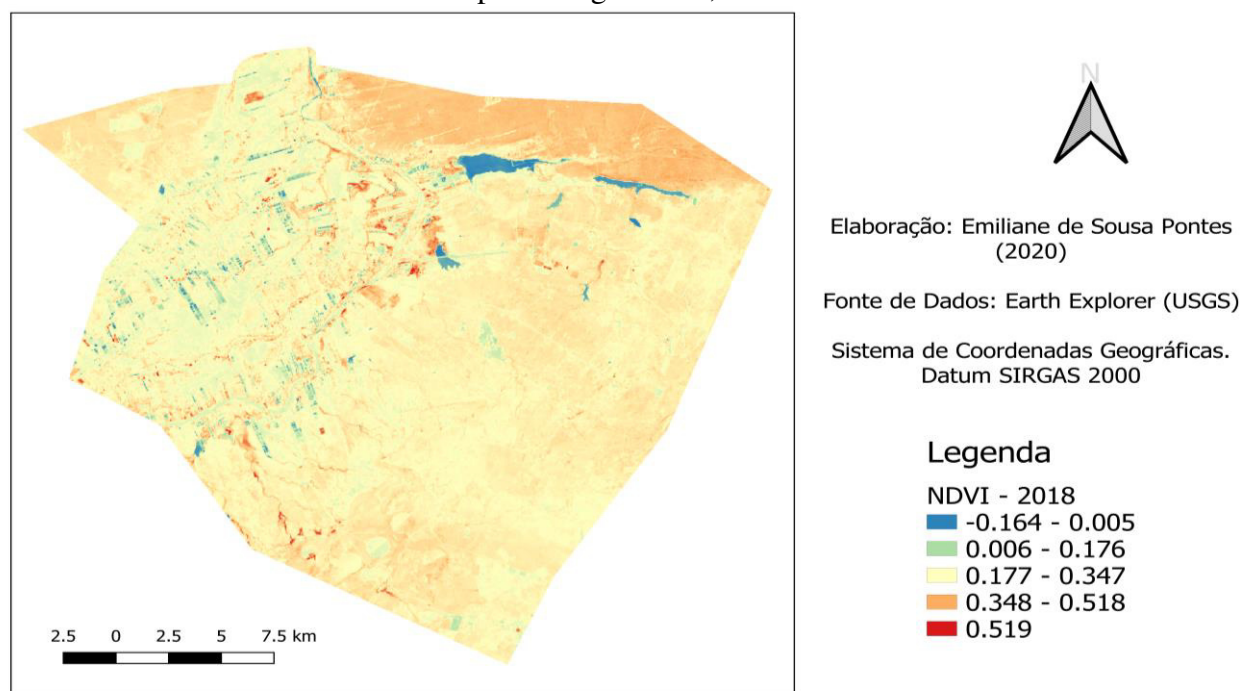
Na figura 9, que corresponde ao ano de 2018 as áreas com menores índices de cobertura vegetal encontram-se nas proximidades das zonas de carcinicultura (áreas verdes), comprovando que esta prática é causadora de degradação na cobertura vegetal da região. Dentre os principais impactos provocados por esta prática na área estudada, estão a retirada da vegetação nativa, o manejo inadequado e o descarte impróprio dos efluentes.

Figura 10 - Mapa do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada no ano de 2009, do município de Jaguaruana, Ceará.



Fonte: Dados da pesquisa

Figura 11 - Mapa do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada no ano de 2018, do município de Jaguaruana, Ceará.



Fonte: Dados da pesquisa

Mesmo a carcinicultura apresentando resultados positivos em termos socioeconômicos para o município de Jaguaruana como um todo e a região do Baixo Jaguaribe, é preciso uma análise mais profunda em relação ao tratamento dos efluentes empregados nos empreendimentos de carcinicultura, visto que o contínuo lançamentos destes, podem acarretar danos ao ambiente e população, sendo necessária a realização de um monitoramento periódico da qualidade da água de unidades produtoras de camarão. É necessário também, que sejam propostos mecanismos e modelos legais para o desenvolvimento de programas de reuso de água dentro das fazendas de carcinicultura, para que seja reduzido ou evitado o lançamento de efluentes sem o devido tratamento em corpos d'água e os impactos negativos ocasionados no solo.

A carcinicultura pode se tornar uma atividade ecologicamente correta por meio do uso responsável de poços de água salobra e até mesmo aproveitando áreas desertificadas pelo desgaste natural ou antrópico do solo, que são impróprias para a agricultura.

5 CONCLUSÃO

A partir das técnicas de sensoriamento remoto e interpretação das imagens foi possível identificar alguns problemas ambientais por meio das áreas de carcinicultura, com as análises espaciais e temporais. Ocorreram alterações no entorno do Rio Jaguaribe, que foram a diminuição dos corpos hídricos naturais e áreas de vegetação diminuíram.

O uso do Sensoriamento Remoto, aliado às técnicas de processamento e aos sensores, em conjunto com os Sistemas de Informações Geográficas, comprovou ser uma ferramenta eficiente para acelerar e reduzir custos dos mapeamentos e da detecção de mudanças geoambientais. As imagens de satélite, depois de trabalhadas e integradas em um ambiente SIG, oferecem possibilidades interessantes de gerarem informações precisas para avaliação e evolução de diversas variações.

O uso do NDVI na composição das imagens foi de extrema importância para a análise das mudanças da cobertura vegetal no intervalo de nove anos analisados tornando possível a análise da degradação ambiental e os estados de conservação e vulnerabilidade a partir da mesma.

Como limitação da pesquisa, o estudo de apenas um município da região do Baixo Jaguaribe, que pode apontar uma análise incipiente dos impactos ambientais na região, podendo o fenômeno ser aprofundado com o estudo dos demais municípios do entorno.

Como indicação para trabalhos futuros aponta-se a realização da caracterização dos efluentes, para comprovar os impactos causados ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- ABCC - Associação Brasileira de Criadores de Camarão. *Censo setorial do camarão em 2011*. Disponível em: <Disponível em: <http://www.panoramadaaquicultura.com.br/novosite/?p=1311> >. Acesso em: 07 mai. 2020.
- ABCC - Associação Brasileira de Criadores de Camarão. **Potencialidades do Brasil para a Carcinicultura**. 2017. Disponível em: <Disponível em: <https://abccam.com.br/2017/08/potencialidades-do-brasil-para-a-carcinicultura/>>. Acesso em: 24 mai. 2020.
- ABCC, MPA. **Levantamento da infraestrutura produtiva e dos aspectos tecnológicos, econômicos, sociais e ambientais da carcinicultura marinha no Brasil em 2011**. Natal/RN, 2013.
- ALENCAR, Jefferson Rosano de; JUNIOR, Paulo Antunes Horta; CELINO, Joil José. Cultivo de Camarão Branco *Litopenaeus Vannamei* (Boone, 1931) com a Macro-alga *Ulva Lacuata* Linneaus (Chlorophyta) no Tratamento de Efluentes em Sistema Fechado de Recirculação. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 10, n. 1, p. 117-137, 2010.
- ANDRADE, D. C.; REIS, T. E. S. REIS, L. C. **Análise temporal da cobertura florestal do município de cândido Mota - SP, utilizando fotografias aéreas e imagens de satélite por meio de SIG**. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013.
- ARAÚJO, Dalgoberto Coelho de. **Avaliação do programa Nacional de Desenvolvimento da Aqüicultura—O caso da Carcinicultura Marinha no Nordeste**. 2003. Tese de Doutorado. Dissertação da Universidade Federal de Pernambuco.
- ARAÚJO, Lúcia de Fátima P., et al. **IV-059-Qualidade das águas Superficiais na área de influência das atividades de irrigação e carcinicultura na bacia do Baixo Jaguaribe—Ceará-Brasil**. 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE CAMARÃO (ABCC). **O agronegócio do camarão marinho no Nordeste e no Brasil em 2003**. Recife: ABCC, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAMARÃO. **Procedimentos de Boas Práticas de Manejo e Medidas de Biossegurança para a Carcinicultura Brasileira**. Natal, 2012. 49 p.
- AZEVÊDO, V. C. R. **Carcinicultura: parâmetros integrativos como instrumentos de prevenção de impactos**. 160p. 2005. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, Brasil. Disponível em http://www.teclim.ufba.br/site/material_online/dissertacoes/dis_veronica_cristina.pdf.
- CAMPOS, Kilmer Coelho; CAMPOS, Robério Telmo. **Alternativa econômica para o novo rural do Nordeste brasileiro: o cultivo do camarão *Litopenaeus vannamei* em água doce**. 2006.
- CAMPOS, Kilmer Coelho. **Produção localizada e inovação: o arranjo produtivo local de fruticultura irrigada na microrregião do Baixo Jaguaribe, no estado do Ceará**. 2008.

CARVALHO, Ana Heloíza de. As políticas de Saneamento Básico e os Fatores de Risco à Saúde da População do Município de Jaguaruana, Ce. 2019.

CARVALHO, J. C. **Resolução Conama no 312, de 10 de outubro de 2002**. Diário Oficial da União, Brasília, n.203, seção 1, p.60, 18 out., 2002.

CARVALHO, J. M. M. de et al. **Perspectivas para desenvolvimento da carcinicultura no Nordeste brasileiro**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2005, 132p. (Série documentos do ETENE, 02)

CASTELLO, Jorge P. et al. Rearing shrimps in pens: A predictive model for impact assessment. **Estuaries and Coasts**, v. 31, n. 1, p. 215-222, 2008.

CEARÁ. GOVERNO DO ESTADO. Portaria 154, de 22/07/2002. Dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras. Disponível em: <http://www.semace.ce.gov.br/biblioteca/legislacao/conteudo_legislacao.asp?cd=95>. Acesso em: 22/10/2020

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Fao statistical yearbook 2016. Trends in the fisheries sector. Rome, p. 146, 2016.

FAO. Global aquaculture production 1950–2016. **FAO Fishery Statistical Collections**, 2018.

FIGUEIREDO, Maria Cléa Brito de et al. Impactos ambientais do lançamento de efluentes da carcinicultura em águas interiores. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 167-174, 2005.

FIGUEIRÊDO, Maria Cléa Brito de et al. Impactos ambientais da carcinicultura de águas interiores. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 231-240, 2006.

FIGUEIRÊDO, Maria Cléa Brito de; ROSA, Morsyleide Freitas; GODIM, Rubens Sonsol. Sustentabilidade ambiental da carcinicultura no Brasil: desafios para a pesquisa. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 34, n. 2, p. 242-253, 2003.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. Imagens de satélite para estudos ambientais. In: **Imagens de satélite para estudos ambientais**. 2002. p. 97-97.

FLORES, Murilo. Ação integrada: carcinicultura familiar. 2004.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal 2018**. Rio de Janeiro. 2018. v. 46, p.1-8.

JOVENTINO, Fátima Karine Pinto. A sustentabilidade da carcinicultura no município de Fortim-CE, com ênfase nos aspectos sociais, ambientais e tecnológicos. **Revista Pós Ciências Sociais**, v. 5, n. 9/10, 2008.

LEITÃO, Renato C. et al. Reúso da água da despesca na produção de camarão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 12, p. 1314-1320, 2011.

LIMA, Edivane de Sousa et al. Análise social da carcinicultura marinha no estado do Ceará:

estudo de caso no município de Aracati. 2004.

MIRANDA, Fábio Rodrigues de et al. **Uso de efluentes da carcinicultura de águas interiores na irrigação de arroz e melão**. Embrapa Agroindústria Tropical, 2007.

MOREIRA, M. A. 2001. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos: INPE, 1º ed., 250 p.

NUNES, Alberto Jorge Pinto. Estudo da viabilidade técnico-econômica de um cultivo da espécie *macrobrachium rosenbergii* de man, 1900, em uma área localizada no município de Pacajus, Ceará. 1993.

OLIVEIRA, S. S. et al. Potenciais impactos ambientais da aquicultura: carcinicultura de cativeiro. In: **Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria Y Ambiental, AIDIS**. 2006.

PRINA, Bruno Zucuni; MONGUILHOTT, Michele. Análise das transformações da paisagem de áreas próximas ao rio Jaguarí aplicando técnicas de sensoriamento remoto em imagens do satélite TM Landsat-5. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, v. 15, p. 3812-3818, 2011.

RIBEIRO, Luísa Ferreira et al. Desafios da carcinicultura: aspectos legais, impactos ambientais e alternativas mitigadoras. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 14, n. 3, p. 365-383, 2014.

ROCHA, Itamar Paiva de; ROCHA, Diego Maia. Análise da produção e do mercado interno e externo do camarão cultivado. **Revista da ABCC**, p. 18-23, 2010.

ROCHA, Nayana Moura da; DE SOUZA JÚNIOR, José; FARIAS, Wladimir Ronald Lobo. Reutilização de água em um sistema integrado com camarões, sedimentação, ostras e macroalgas marinhas. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 39, n. 4, p. 540-547, 2008.

ROCHA JUNIOR, Josenberg Martins da. **Avaliação ecológico-econômica do manguezal de Macau/RN e a importância da aplicação de práticas preservacionistas pela indústria petrolífera local**. 2011. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

RODRIGUES, Francisco Gleison de Souza. O agronegócio da carcinicultura marinha e os conflitos sociais e ambientais de uso e ocupação do estuário do rio Jaguaribe no município de Aracati-CE. 2007.

ROUSE, J. W. et al. Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation, greenbelt. **MD: NASA/GSFC Type III Final Report**, v. 371, 1974.

SAMPAIO, Yony; COSTA, Ecio de Farias; SAMPAIO, Erica Albuquerque Breno Ramos. Impactos socioeconômicos do cultivo de camarão marinho em municípios selecionados do Nordeste brasileiro. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 46, n. 4, p. 1015-1042, 2008.

SAMPAIO, Y; e COUTO, É. **Geração de empregos diretos e indiretos na cadeia produtiva**

do camarão marinho cultivado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, fev. 2008.

SANTOS, L. F. P. Avaliação dos Teores de Cádmiio e Chumbo em Pescado Proveniente de São Francisco do Conde, Bahia [dissertação]. **Salvador: Universidade Federal da Bahia**, 2011.

SOARES, Ana Maria Lebre et al. Análise temporal do crescimento da carcinicultura marinha no estuário do rio Jaguaribe-Ceará. In: **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. 2007. p. 4267-4274.

SOUTO, Michael Vandesteen Silva. **Análise multitemporal dos elementos geoambientais da região da Ponta do Tubarão, área de influência dos campos petrolíferos de Macau e Serra, município de Macau/RN**. 2004. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

SOUTO, M. V. S. E.; AMARO, Venerando Eustáquio. Aplicação das técnicas de geoprocessamento para o mapeamento da vulnerabilidade natural para a região da Ponta do Tubarão, litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte, município de Macau. **XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil**, p. 16-21, 2005.

SOUZA F, J. et al. Custo de produção do camarão marinho. **Florianópolis: Instituto Cepa**, 2003.

SOUZA, M.J.N. de; OLIVEIRA, V.P.D. de; GRANGEIRO, C.M.M.; **Análise Geoambiental**. In: Elias, D. (org.) O novo espaço da produção globalizada: O Baixo Jaguaribe. Fortaleza: FUNECE, 2002.

TAHIM, Elda Fontinele; ARAÚJO JUNIOR, Inácio Fernandes de. A carcinicultura do nordeste brasileiro e sua inserção em cadeias globais de produção: foco nos APLs do Ceará. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 52, n. 3, p. 567-586, 2014.

THOMPSON, Fabiano Lopes; ABREU, Paulo Cesar; WASIELESKY, Wilson. Importance of biofilm for water quality and nourishment in intensive shrimp culture. **Aquaculture**, v. 203, n. 3-4, p. 263-278, 2002.

VALENTI, Wagner Cotroni. Aquicultura sustentável. In: **Congresso de Zootecnia**. 2002. p. 111-118.

VICENTE, Danillo Nascimento et al. Carcinicultura brasileira: impactos e ações mitigadoras. In: **Colloquium Agrariae. ISSN: 1809-8215**. 2016. p. 58-61.