ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>

Geotecnologias aplicadas no estudo de potencialidade para implantação de empreendimentos aquícolas marinhos: Um Estudo de Caso na Amazônia Oriental

Alvaro José Reis Ramos¹, João Almiro Corrêa Soares², Breno Gustavo Bezerra Costa³

¹Mestre em Modelagem Computacional, Bolsista de Desenvolvimento Tecnológico Industrial (DTI)-B, Embrapa Territorial, Av. Sd. Passarinho, 303 – Jardim Chapadão, Campinas-SP, cep: 13070-115. Grupo de Inteligência Territorial Estratégica (GITE), e-mail: alvaro.ramos@colaborador.embrapa.br.

²Docente, Universidade Federal Rural da Amazônia-UFRA, Avenida Perimetral, 2501 – Terra Firme, Belém-PA, cep: 66077-830. Instituto Ciberespacial (ICIBE), Laboratório de geoprocessamento, análise espacial e monitoramento por satélite (LAGAM), e-mail: joao.almiro@ufra.edu.br

³Docente, Universidade Federal Rural da Amazônia-UFRA, Avenida Perimetral, 2501 – Terra Firme, Belém-PA, cep: 66077-830. Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos (ISARH), Laboratório de aquicultura tropical (LaqTrop), e-mail: brenogbcosta@gmail.com

Artigo recebido em 18/08/2021 e aceito em 10/11/2021

RESUMO

Analisando o acelerado crescimento das atividades ligadas à aquicultura no país e as novas tendências conservacionistas na região amazônica, é cada vez mais necessária uma maior adequação dos meios produtivos e valorização do espaço, buscando aproveitamento máximo do potencial presente nos imóveis rurais e redução dos encargos de instalação em diferentes propriedades, permitindo o desenvolvimento econômico apropriado. Deste modo, o presente estudo avaliou a potencialidade aquícola marinha para construção de viveiros escavados no município de Augusto Corrêa-PA através de uma análise multicriterial baseada em: amostras de campo, sistema de informações geográficas (SIG), processamento digital de imagens e modelos numéricos, que observam critérios técnicos, logísticos, fisiográficos e ambientais. Foi verificado que o município dispõe de boas condições ao desenvolvimento da maricultura, onde 14.5% da área total avaliada exibe excelentes condições à implantação de projetos marinhos, aproximadamente 4.914,5 hectares dispõem de boas ou excelentes condições para representar complexos aquícolas produtivos. Ficou evidente a eficácia das geotecnologias desempenhando papel relevante no macrozoneamento da maricultura, por consequência, na gestão aquícola municipal, oportunizando adequar ações que proporcionem melhor aproveitamento do território para fins econômicos e possibilitando conhecimentos prévios das propriedades para inserção da atividade aquícola.

Palavras-chave: Aquicultura. Sensoriamento remoto. Maricultura. SIG.

Geotechnologies applied in the potentiality study for the implementation of marine aquaculture enterprises: A Case Study in the Eastern Amazon

ABSTRACT

Analyzing the accelerated increase in aquaculture-related activities in the country and the new conservationist trends in the Amazon region, it is increasingly necessary to adapt the productive means and to enhance the space, seeking the maximum use of the potential present in rural properties and reducing the costs of different properties, allowing for appropriate economic development. Thus, the present study evaluated the marine aquaculture potential for construction of excavated ponds in the municipality of Augusto Corrêa-PA through a multicriterial analysis based on: field samples, geographic information system (GIS), digital image processing and numerical models, which observe technical, logistical, physiographic and environmental criteria. It was found that the municipality has good conditions for the development of mariculture, where 14.5% of the total area assessed has excellent conditions for the implementation of marine projects, approximately 4.914,5 hectares have good or excellent conditions to represent productive aquaculture complexes. The effectiveness of geotechnologies was evident, playing an important role in the macrozoning of mariculture, consequently, in municipal aquaculture management, making it possible to adapt actions that provide better use of the territory for economic purposes and allowing previous knowledge of the properties for insertion of aquaculture activity.

Keywords: Aquaculture. Remote sensing. Mariculture. GIS.

Introdução

Para GESAMP (2008) o estabelecimento de viveiros para aquicultura constitui um processo chave para o sucesso e sustentabilidade das unidades. Referente à fatores ligados à implantação de projetos, a GESAMP (2001) ressalta os problemas ambientais e socioeconômicos relatados em países onde a atividade aquícola cresceu exponencialmente e com consequente descontrole produtivo, legal e ambiental. 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.

No Brasil, autores como Barbieri Júnior e Neto (2002) definem que o cultivo comercial de espécies marinhas teve início nos anos 70, se baseando em tecnologias importadas com alguns aprimoramentos, mas somente na década de 80 passou a adquirir caráter realmente empresarial. No entanto, as escolhas de áreas para o cultivo consideravam principalmente os interesses do produtor e nem sempre estavam de acordo com critérios técnicos e ambientais.

Segundo levantamento técnico realizado pelo BNDES (2012), sobre o panorama atual da aquicultura, se observou que variedade de peixes da bacia do rio Amazonas é um diferencial para o Brasil atingir novos mercados. O clima é um trunfo adicional a favor da região, cujas condições para o cultivo de peixes são excelentes. Outros cultivos, como o de crustáceos e moluscos, também têm potencial de escala. Segundo a Secretaria de pesca e aquicultura do estado do Pará (SEPAq, 2011), a piscicultura é uma das atividades aquícolas que mais se destacam no estado do Pará, haja vista o interesse demonstrado pelos diversos seguimentos de atores envolvidos em aumentar a oferta de peixe regional, onde o planejamento é o processo chave para expansão da produção.

Maente e Dória (2017) ressaltam o potencial hídrico e as condições climáticas e topográficas como principais agentes que favorecem a aquicultura em ambiente continental, estuarino e marinho, além da diversidade de ambientes aquáticos incluindo afluentes do rio Amazonas, ambientes lagunares, áreas de várzeas e igapós, reservatórios de hidrelétricas, estuários com extensos manguezais preservados e ambientes marinhos. Contudo, ainda é uma atividade de

cunho secundário, onde a complexidade no acesso a créditos bancários, a carência de assistência técnica, baixos apoios governamentais no fomento às pesquisas locais e investimentos no restante da cadeia produtiva, tornam seus custos bastante onerosos e dificultam a difusão da atividade.

Segundo Brabo et al. (2016), apesar da disponibilidade de áreas em potencial para o avanço da atividade, a cadeia produtiva de empreendimentos marinhos ainda se encontra de forma bastante restrita se comparado aos projetos aquícolas continentais, onde estes se concentram essencialmente nos municípios de Curuçá e Salinópolis para o cultivo de camarões marinhos da espécie *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931).

Diante da baixa disponibilidade de informações referentes à espacialização da atividade e sua concentração em zonas cada vez mais restritas, entender a dinâmica local através do planejamento e integralização de planos de informações existentes, permitem adequação do meio produtivo ao cenário ambiental e expansão da cadeia produtiva para regiões criteriosamente selecionadas (Crepani et al. 2001), ideias também descritas por Beltrame et al. (2006), que ressaltam a utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) no processo de planejamento e ordenamento das atividades agropecuárias existentes na região costeira, permitindo uma integração do processamento digital das imagens de sensores remotos com a análise espacial, facilitando a organização espacial das informações.

Mais recentemente o termo zoneamento aquícola foi utilizado pela Embrapa (2015) em documento técnico para determinação de áreas em potencial visando instalação de projetos continentais e marinhos, estabelecendo critérios, avaliações e ferramentas que viabilizem o estudo. Enfatizando a aceitação desta nova abordagem principalmente em estudos que favoreçam a sustentabilidade na produtividade agrícola a nível nacional. Diante o exposto, o presente estudo visa realizar a identificação e classificação de locais apropriados à implantação de projetos aquícolas marinhos no sistema de viveiros escavados na região estuarina que compreende o município de Augusto Corrêa, localizado na região nordeste do estado do Pará, utilizando como padrão metodológico técnicas ligadas aos SIG, uso de dados geoespaciais e modelos numérico/computacionais.

Material e métodos

Área de Estudo

A área de estudo compreende o município de Augusto Corrêa, que integra áreas de influência do ecossistema manguezal característico de zonas costeiras e apresenta economia voltada à pesca e artesanato. Localizado entre latitude/longitude:

01°01'19" S/46°38'43" W, pertencente à Mesorregião Nordeste paraense e presente na Microrregião Bragantina (dividida em treze municípios), mais precisamente na costa Atlântica da Amazônia brasileira (Figura 01). Estimativas do IBGE (2019) indicaram que o município possui uma área territorial de 1.099 km² e uma população estimada de 45.998

Figura 1 - Município de Augusto Corrêa-PA

Ponderação de Critérios

No processo de seleção das áreas apropriadas à implantação de projetos marinhos diferentes critérios podem ser adotados, normalmente considerando fatores demográficos, solo, grau de poluição, topografia, disponibilidade de água etc. Neste trabalho, considerando os perfis restritivos da região costeira amazônica, o primeiro critério de classificação restringiu áreas de preservação (Unidades de conservação, áreas de proteção ambiental, etc.), observando que o município estudado apresenta unidades de conservação (Resex marinhas) no seu entorno ou mesmo inseridas no município. Posteriormente ao processo restritivo, foi utilizada a função *buffer* para a criação de zonas tampão (zoneamento), gerando novas bases vetoriais a priori sem restrições. A criação de zonas tampão foi utilizada por Torres e Andrade (2010) em estudo que visava determinar áreas para instalação pisciculturas marinhas. Estas zonas tampão seriam áreas de

amortecimento ou proteção, onde não seria permitida a instalação de empreendimentos aquícolas e que servem para evitar conflitos com outras atividades. Ainda nos parâmetros restritivos, a próxima observação foi direcionada às áreas de influência de regiões estuarinas no município, descartando áreas (porção sul do município) que estariam fora destas zonas de influência, observando o grau de salinidade como fator determinante para a seleção. Os outros critérios de classificação foram abordados de acordo com o estudo de Freitas et al. (2009), levando em consideração os fatores socioeconômicos e logísticos como eletrificação (distância, existência ou não existência), acesso a vias públicas e disponibilidade de insumos (fornecedores de ração, alevinos, adubos, etc.), mercado consumidor, poluição (proximidade a outros empreendimentos, qualidade de água e solo e proximidade a centros urbanos). Além de fatores ambientais como tipo de solo (teores de argila), declividade e elevação do terreno e disponibilidade de água (acesso ao recurso). Volcker e Scott (2008) esquematizaram diferentes planos de informação que podem

descrever áreas em potencial para a implantação de projetos aquícolas (figura 2), descrevendo principalmente os pontos que corresponde aos

parâmetros infraestruturais, disponibilidade de recursos, componentes ambientais e uso do solo.

Figura 2 - Critérios estabelecidos para implantação de projetos aquícolas.

Fonte: Adaptado de Volcker e Scott (2008).

No presente estudo, foram utilizados critérios descritos na tabela 1 apresentada a seguir, adaptada por diferentes autores que buscavam excelentes locais para emprego de práticas aquícolas. Ao final do processamento de imagens e geração dos submodelos em formato matricial para estabelecimento do planejamento aquícola. As quais foram agregadas as diferentes classes ambientais e logísticas previstas no estudo, objetivando gerar materiais cartográficos referentes ao zoneamento aquícola para a região.

Limitações ao desenvolvimento da atividade

Para o desenvolvimento da atividade foi necessário criar locais que não apresentavam critérios legais para o seu desenvolvimento ou mesmo de caráter técnico insatisfatório, sendo assim, se utilizou conceitos observados por Torres e Andrade (2010) os quais, em estudos para determinação de locais destinados à instalação de pisciculturas, relatam sobre a criação de 'zonas tampão'. Deste modo o zoneamento foi realizado na área de estudo a partir dos locais de influência

da RESEX (Reserva Extrativista) marinha Araí-Peroba, mediante uso de rotinas específicas aplicadas nos planos de informação (função *buffer*), analisando especificações previstas na legislação referente ao manejo territorial de UTBs (Unidades Territoriais Básicas) e criação de zonas de amortecimento (zonas tampão) na qual toda e qualquer atividade humana ao redor de uma UC (Unidade de Conservação) em um limite de 10 km estaria sujeita a normas e restrições específicas. Ainda referente ao caráter legislativo referente às zonas de exclusão, foram adotados parâmetros técnicos presentes na Resolução CONAMA nº 303 de 20 de março de 2002, abrangendo a temática ligada às Áreas de Preservação Permanente observados na tabela 2. A partir da medição utilizando as mesmas ferramentas específicas já mencionadas para o processo de tamponagem, as APPs foram determinadas e ao final do processo, geradas componentes de dados que serviram como zonas de exclusão ao processo de inserção de empreendimento aquícola, sendo sua área retirada ao final do processamento

Tabela 1 - Atribuição de critérios para o zoneamento aquícola.

FATORES AMBIENTAIS		
Fatores	Excelentes	Restritos
Declividade/Elevação	0 - 10 metros acima do nível do mar. De 0 - 5% de inclinação	Declividades acentuadas > 10 metros.
Vegetação	Vegetação secundária. (Capoeiras baixas)	Florestas densas
Acesso hídrico (Distância em metros de canais de abastecimento)	Excelentes: 0 - 1.000 metros; Bons: 1.000 - 3.000 - metros; aceitáveis: 3.000 - 6.000 metros	> 6.000 metros
Acesso hídrico (Secundários-Afluentes e canais)	Excelentes: 0 - 500 metros; Bons: 500 - 1.000; aceitáveis: 1.000 - 1.500 metros	>1.500
Solos	Solos não orgânicos com boa capacidade de agregação. 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 ricos em matéria orgânica (cerca de 20%); solos sulfurosos-ácidos (orgânicos tiomórficos)
Uso e ocupação da terra	Agricultura, pastos, canaviais, capoeiras e vegetação arbustiva	Mangues, florestas densas, áreas de preservação

INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA

Eletrificação	Excelente: 0 - 200, Boas: 200 - 500; Aceitáveis: 500 - 750 metros.	>750 m
Acesso a fornecedores de Insumos (Distância em metros)	Excelente: < 4.000; Boas: 4.000 - 8000; Aceitáveis: 8.000 - 15.000	>15.000
Acesso a vias públicas primárias (Distância em metros)	Excelentes: 0 - 2.500; Boas: 2.500 - 5.000, Aceitáveis: 5.000 - 15.000	>15.000
Acesso a vias públicas secundárias (Distância em metros)	Excelentes: 0 - 300; Boas: 300 - 600; Aceitáveis: 600 - 1.000	>1.000

Fonte: Beltrame et al., 2006; Giap et al., 2005; Poli et al., 2000; Hossain et al., 2007; Volcker e Scott, 2008 e Freitas et al., 2015.

Tabela 2 - Áreas de APPs.

Área de preservação permanente	
Faixa marginal (m)	Largura máxima do curso d'água (m)
30	10
50	10 – 30
100	30 – 50
200	50 – 200
500	200 – 600

Fonte: Novo código florestal (2012).

justes computacionais de exclusão

Algumas metodologias são descritas para elaboração de locais de exclusão para o desenvolvimento de diferentes atividades agrícolas, um destes métodos é descrito por Freitas et al. (2015), o qual estabelece a importância do uso de ferramentas de rotina dos *softwares* de geoprocessamento para tais princípios. No presente estudo as áreas ditas restritas quanto a parâmetros socioambientais são definidas como unidades de

conservação, áreas de proteção ambiental, áreas de preservação permanente e zonas tampão, as quais foram devidamente especializadas mediante utilização de *buffers* criando zonas de exclusão. Para Vitalli et al. (2009), a formação de zonas de exclusão denota a criação de regiões ao redor de locais inaptos para desenvolvimento de determinada atividade agrícola e tem por objetivo a busca por reduzir possíveis impactos resultantes da implantação de diferentes empreendimentos em determinado local.

Material cartográfico e imagens orbitais

A análise espacial para classificação supervisionada foi realizada a partir de imagens LANDSAT, sensor ETM+, com resoluções geométricas de 30 metros, órbita ponto 223 61 e datas de aquisições variantes entre os anos de 2012 a 2018. O material foi obtido através da USGS (*United States Geological Survey*) e digitalizado, com combinações de bandas 1, 2 e 3. No modelo de elevação foram utilizadas imagens de radar SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) zona 01S495, no formato *Geotiff* devidamente interpoladas gerando grades matriciais. No estudo se priorizou a obtenção de imagens de com boa resolução e adquiridas de forma gratuita na internet utilizando o catálogo de imagens disponibilizadas pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Todas as imagens selecionadas apresentavam boa visibilidade e baixa incidência de nuvens, porém, houve a necessidade de se realizar correção atmosférica com a intenção de efetuar a retirada do efeito de dispersão da energia eletromagnética nas partículas de água suspensas na atmosfera. Foram realizados ajustes de projeção das informações para o Sistema de Coordenadas Planas UTM de acordo com sua localização. Além de imagens de satélite, foram utilizadas bases cartográficas em formato *shapefile* disponíveis online pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), MMA (Ministério do Meio Ambiente) e ANA (Agência Nacional das Águas). O primeiro processo metodológico ocorreu com o geoprocessamento e delimitação da área de estudo para posterior classificação, para tanto, se utilizou o *software* de livre acesso QGIS 2.12.3.

Classificação supervisionada

Após os processos descritos anteriormente, foi aplicada a metodologia de classificação supervisionada Paralelepípedo, aplicando-se um desvio padrão de 0.5, o qual segundo Centeno (2004) consiste basicamente na definição de

classes levando em consideração intervalos de cada banda, deste modo se observa que um pixel pertencerá a determinada classe se o valor de sua escala de cinza também pertencer a esta mesma classe, é um método simples, que resulta em resultados satisfatórios, haja vista a separação espectral das classes observadas. Foram identificados os elementos presentes nas imagens por interpretação visual, a partir disto as amostras de treinamento foram coletadas baseadas nesta pré-análise, onde as classes identificadas foram: agricultura/pasto, água, floresta densa, solo exposto, sucessão secundária, área urbana/cidade, em alguns casos também foram classificados sombra e nuvem. No caso das classes solo exposto e solo úmido, estas foram agrupadas em uma só classe denominada como área desmatada, já as classes nuvem e sombra agrupadas na classe de áreas não observadas. A atribuição de pesos para cada classe de uso do solo segue parâmetros observados por Beltrame et al. (2006) e Freitas et al. (2015), presentes na tabela 3, onde: 5- excelentes, 4- Muito boas, 3- Boas, 2- Regulares, 1- Apresenta restrições.

Tabela 3 - Classes de uso do solo

CLASSE	PESO
Agricultura	5
Pasto	4
Solo exposto	3
Vegetação secundária	2
Floresta densa	1

Fonte: Beltrame et al. (2006) e Freitas et al. (2015).

Modelagem das redes de drenagem

O acesso hídrico é o fator primordial para a implantação de qualquer projeto aquícola, a existência de água de qualidade, em bom volume para a sua utilização e abastecimento, além da distância ao recurso e perenidade, que passam a reduzir gastos com o uso de bombas e outros maquinários, são fatores considerados cruciais no processo de escopo dos empreendimentos, podendo determinar sua viabilidade ou ainda impossibilidade da implantação.

Para Proença e Bittencourt (1994), antes de implantar um sistema de cultivo é ideal que se realize avaliações qualitativas e quantitativas referente aos recursos hídricos existentes. Os fatores quantitativos estão relacionados principalmente ao volume total capitado para abastecimento dos viveiros durante o ciclo produtivo. Assim, a captação da água e sistemas

aquícolas marinhos ocorre por bombeamento em regiões próximas à orla marítima, que passam a abastecer canais e posteriormente são distribuídos para os viveiros através de tubulações por ação da gravidade, construídos obedecendo a altimetria da propriedade, deste modo o estudo integrado se mostra eficiente na realização do planejamento para construção (Oliveira, 2000).

Diante da importância deste critério, diferentes modelos que buscam gerar informações relativas às redes de drenagem presentes em determinadas regiões passam a se comportar como ferramentas que estabelecem o equilíbrio ambiental no local em consonância ao estabelecimento do empreendimento. Segundo Johnson et al. (1997), a comunidade científica busca intensamente compreender as relações entre as redes de drenagem de determinados locais interligando-as a fatores biogeoquímicos e componentes estruturais de diferentes sistemas hídricos. Goodchild e Quattrochi (1997) enfatizam o avanço nos estudos utilizando sistema de informações geográficas na busca de tentar compreender e estabelecer relações entre os ecossistemas aquáticos continentais por meio da avaliação metodológica das bacias de drenagem. No presente estudo, foi aplicado o modelo de extração de malhas de drenagem através de dados SRTM se baseando em critérios de atratividade em escala espacial para implantação de empreendimentos, descritos por Salam et al. (2005), estabelecendo assim um critério para o desenvolvimento da atividade aquícola, e as malhas computacionais foram estipuladas seguindo critérios definidos por Beltrame et al. (2006) e Giap et al. (2005), criando-se zonas de exclusão para áreas de preservação permanente dos corpos hídricos, utilizando o *plug-in* Grass-Gis. Os fatores de atributos para acesso hídrico estão presentes na tabela 4, onde 4- excelente, 3- Bons, 2- Regulares e 1- Apresenta restrições. As informações foram posteriormente atribuídas no submodelo hídrico de distância dos corpos por amplitudes comuns para o território.

Tabela 4 - Atributo de acesso hídrico.

Rio Emboraí (m)	Tributários (m)	PESO
0-1.000	0-500	4
1.000-3.000	500-1.000	3
3.000-6.000	1.000-1.500	2
>6.000	>1.500	1

Fonte: Gian et al. (2005), Salam et al (2005) e Beltrame et al. (2006).

Modelo de elevação de terreno

O modelo numérico de elevação para integralização no modelo de planejamento teve por objetivo a geração de imagens e perfis altimétricos das áreas analisadas. Levando em consideração a importância do conhecimento relacionado à declividade de terrenos para a implantação de projetos, tendo em mente que, quanto maior o declive em determinado local, menos indicado à implantação de projetos seria o mesmo, por conta do alto gasto desempenhado em sua construção (custo com terraplanagem) além da incerteza em seu custo benefício, tornando assim o estabelecimento de determinado empreendimento inviável do ponto de vista econômico na área. Para tanto, foram determinados os valores entre as curvas de nível através da interpolação dos dados, pelo método da modelagem *Triangulated Irregular Network* (TIN), sendo a estrutura mais comum utilizada para modelagem de superfícies contínuas usando dados vetoriais. Através da triangulação, os valores das altitudes serão utilizados como vértices na geração de triângulos, resultando na triangulação da área. Para a representação matemática computacional, observação do perfil estuarino, o modelo de grade irregular triangular será utilizado com o propósito de criar malhas irregulares interpolantes, originando triângulos ajustados a partir de polinômios de 5º grau, deste modo foi possível verificar o comportamento recorrente da superfície terrestre (X, Y, Z) elaborando poliedros irregulares de pontos amostrais, a posteriori ocorreram conversões de *raster*, para constituição de áreas, examinadas segundo valores de pixels fornecidos.

A classe de relevo foi estabelecida seguindo parâmetros de altimetria verificados por Volcker e Scott (2008) e Beltrame et al. (2006), descritos na tabela 5 onde: 5- excelente, 4- Muito boas, 3- Boas, 2- Regulares e 1- Apresenta restrições.

Tabela 5 - Atributo de acesso elevação.

Altimetria (m)	PESO
0-6	5
6-10	4
10-15	3
15-20	2
>20	1

Fonte: Volcker e Scott (2008) e Beltrame et al. (2006).

Infraestrutura e logística

A malha viária mostra grande importância para empreendimentos aquícolas, tanto para execução dos projetos quanto para seu funcionamento. Os motivos são ligados a diferentes fatores, dentre eles o acesso a insumos como ração, alevinos e serviços, além do escoamento da produção, por sua alta perecibilidade os recursos aquícolas devem ser rapidamente escoados e devidamente armazenados.

No município, as principais vias pavimentadas são a PA 242 e a BR 308, ambas aparentemente em boas condições de pavimentação e aptas à boa dirigibilidade. Os dados para a estruturação dos planos de informações referentes aos acessos primários para a região foram adquiridos de acordo com bases cartográficas do ano de 2014. Os planos para acessos secundários, descritos pelos acessos não pavimentados, são desatualizados; neste aspecto as imagens Landsat se mostraram bastante úteis para cobrir esta deficiência detectada no estudo, ajudando na construção de planos de informação atualizados e mais precisos dentro do local.

Os pesos estabelecidos para esta classe foram os mesmos definidos por Volcker e Scott (2008, formando assim o modelo infraestrutural. Referente à eletrificação, o método de elaboração de *buffers* utilizando informações do ano de 2015, provenientes de bases cartográficas do sistema SUCAS pertencente à rede CELPA (Centrais elétricas do Pará).

Avaliação do perfil climático

A análise do perfil climático da região é essencial para se analisar diferentes parâmetros ambientais presentes em determinado local, principalmente no que diz respeito ao desenvolvimento de espécies aquáticas. Segundo Zimmermann et al. (2001) pelo fato da temperatura afetar a solubilidade dos gases na água, o seu aquecimento reduz as taxas de oxigênio presentes no ambiente, influenciando assim a decomposição de matéria orgânica, com consequente efeito sobre a qualidade do líquido e sobre a vida de organismos aeróbios aquáticos, além disso, a temperatura afeta também o crescimento e o desenvolvimento dos seres vivos, devido a sua influência sobre as reações químicas, em graus e formas dependentes da espécie, observando deste modo a relevância do estudo de perfis térmicos como parâmetro avaliativo em ecossistemas aquáticos.

Para tanto, o uso de sensores que busquem quantificar as variações de temperatura anual em diferentes regiões passa a desempenhar papel significativo nos estudos ambientais. Neste sentido, no presente estudo se utilizou o método da análise de radiância para avaliação da temperatura de superfície no local de estudo, onde se utiliza a banda 10 do TIRS (*Thermal Infrared Sensor* - Landsat) com pixel de 100 metros, processada e disponibilizada em 30 metros, correspondendo ao intervalo de comprimento de onda 10.6 - 11.19 μm . Foram avaliadas 78 imagens entre 2012 e 2018 que representaram a média de temperatura para a região de estudo, todas as imagens selecionadas apresentavam cobertura de nuvens inferiores a 30%. Estas informações foram obtidas através da elaboração de um script na plataforma *Google Earth Engine* (GEE) que gerou uma série temporal da média de temperatura da superfície da terra (TST) para o local de estudo. O GEE se trata de um catálogo de informações associada a uma API (*Application Programming Interface*) escrito em *JavaScript* e acessível, através da internet, a um ambiente de desenvolvimento interativo (IDE) para gerar e visualizar resultados geoespaciais em escala global (Chen et al., 2017; Gorelick et al., 2017).

Operações matriciais para classificação de áreas

Após a elaboração dos submodelos de aptidão aquícola, as informações digitais foram re combinadas em formato *Geotiff* e reclassificadas para posteriormente serem calculadas algebricamente mediante o método de combinação linear ponderada e recalculadas em escala WLC (*Weighted Linear Combination*). Tal metodologia exprime uma forma eficiente de analisar dados multicritério, sendo descrita por Volcker e Scott (2008) como um método que permite para um dado local o estabelecimento de diferentes pontuações (pesos), onde a pontuação baixa de um determinado fator pode ser compensada pela alta pontuação de outro critério, estabelecendo assim relativo equilíbrio no que diz respeito à seleção de zonas em potencial, deste modo, a forma como os fatores podem compensar uns aos outros é determinada pelo peso relativo atribuído a cada um dos fatores. A releitura dos planos de informação utilizou uma proporção semelhante à descrita por Kapetsky e Nath (1997) estabelecendo escalas onde, 4 = Excelente; 3 = Muito bom; 2 = Bom, 1 = Regular e 0 = Apresentam restrições. Os critérios utilizados para reclassificação das informações pertinentes aos critérios estabelecidos para determinação da potencialidade aquícola presentes nos submodelos foram devidamente ajustados a

partir de verificações feitas em literaturas e analisadas seguindo os mesmos fatores utilizados.

Pós-processamento de informações vetoriais

As componentes vetoriais extraídas do modelo multicriterial foram pós-processadas e quantificadas em ambiente GNU Octave, *software* livre escrito em C++ que integra uma grade para linguagem de computação de alto nível desenvolvida para operar em modelagem numérica e computação matemática, se encontra disponível de forma gratuita no site gnu.org/software/Octave.

No estudo, os locais identificados nos grupos de aptidão que apresentavam áreas inferiores a 01 hectare foram excluídos, por serem definidos como inviáveis economicamente para empreendimentos de média e alta escala, como descrito em Freitas et al. (2009). Sendo seus valores retirados de cada categoria utilizada ao final da pesquisa mediante operações *raster*.

Avaliação de dados in loco

A partir dos dados gerados ocorreram análises em campo nos locais classificados como aptos visando comprovação técnica de aptidão aquícola da região. Deste modo, análises de água, solo, além da observação da vegetação e relevo característicos presentes em diferentes pontos do local encontrado, foram necessários para que se ocorra eficácia dos estudos. As informações obtidas em campo foram posteriormente cruzadas com referidos dados geográficos e componentes espectrais dispostas nas imagens de satélites, delimitando caracteres fisiográficos ligados à aptidão aquícola na área de estudo. A fundamentação para avaliação granulométrica do solo é pertinente, segundo Boyd e Queiroz (2014) três tipos de solos são identificados, sob o ponto de vista textural, como propícios à implantação de viveiros escavados, em função de suas propriedades de retenção de água: argilosos, sílico-argilosos ou aqueles constituídos por uma mistura de areia, argila, silte e matéria orgânica. Os solos de textura mais fina, como arenosos podem ser eventualmente utilizados para construções civis destes empreendimentos, porém estão sujeitos à impermeabilização por material argiloso, o que eleva seus custos para o empreendimento. Sendo assim, no presente estudo se empregou o método de análise de solo proposto por Oliveira (2000), para avaliar as proporções médias de areia, silte e argila no local, se coletando uma amostra de solo empregando 05 cm de TFSA (terra fina seca ao ar)

em um reservatório transparente e misturando o restante com água a uma altura de 20 cm e deixando a mistura repousar, as camadas deverão aparecer diferenciadas, posteriormente se calcula os percentuais a uma margem de 100% em função da altura do reservatório, relacionando as camadas. Para determinação textural se utilizou o triângulo guia de classes de textura de solos, presente no aplicativo Triângulo textural versão 1.0.1 desenvolvido por Estras Teixeira Costa em junho de 2012. Para as análises de água os principais fatores analisados foram concentrações médias de salinidade presentes no local, para tanto o processo de observação contou com a utilização de refratômetro analítico RHB 32 em diferentes pontos da área de estudo consideradas excelentes ao desenvolvimento da atividade aquícola.

Resultados e discussão

Os resultados obtidos neste estudo apontaram as áreas consideradas ideais ao emprego da aquicultura marinha em tanques escavados no município de Augusto Corrêa, assim como zonas avaliadas como inapropriadas ao desenvolvimento da atividade. Tais potencialidades foram categorizadas de acordo com a viabilidade econômica atrelada aos parâmetros técnicos, ambientais e logísticos para instalação de empreendimentos aquícolas na região, gerando subsídios que servem de suporte à tomada de decisões e ordenamento preciso da atividade.

Considerando primeiramente os locais favoráveis às atividades aquícolas prioritariamente marinhas, como aqueles que se localizavam fora da área de atuação do zoneamento definido pela região de amortecimento pertencente à RESEX, tidas como espaços de preservação/conservação, e locais de influência do estuário na linha de costa amazônica convencionada pelo MMA; se encontrou uma área de 14.562 ha tidos como propícios à maricultura, observadas na figura 3 como a região de prática ao exercício da atividade

Infraestrutura e logística

O modelo de acesso infraestrutural descreveu satisfatoriamente a malha de acesso à rede elétrica, sendo parte da porção sul do município e o extremo leste, considerados locais de alta restrição ao serviço de energia elétrica, por estarem em áreas recobertas por vegetações de florestas nativas densas, assim descrevendo alta conservação e baixa incidência de ações antrópicas, diferentemente do observado em zonas

próximas às grandes rodovias pavimentadas. O extremo leste do município também apresenta grande deficiência quanto ao acesso à malha viária local, as estradas verificadas para estas regiões, em maioria, não apresentam pavimentação.

Para o acesso a distribuidores de insumos, sobretudo alevinos na região nordeste paraense, as referências descritas por Brabo et al.(2016) indicam que os maiores fornecedores, devidamente registrados e exibindo potencial para distribuição

em grande escala, se encontram em Igarapé-Açu, Peixe-boi e Castanhal, o último integrando a região metropolitana de Belém, os produtos ofertados são principalmente direcionados à aquicultura continental. Os principais fornecedores de alevinos e formas jovens destinados à maricultura são provenientes da região nordeste, Maranhão e Piauí, todos se localizam a uma distância superior a 15 km do recorte analisado.

Figura 3 - Domínio computacional utilizado no estudo.

Uso e cobertura do solo

As informações referentes à cobertura do solo disposta no município foram analisadas de acordo com a interpretação visual realizada utilizando o algoritmo de classificação supervisionada, em uma imagem do Landsat 08 para setembro de 2018. Deste modo, foi possível organizar e agrupar as informações, as quais foram digitalizadas e posteriormente transformadas em formato *shapefile* para cálculo de áreas dispostas na região para cada classe, tornando possível

determinar a composição da ocupação da terra no território (figura 4).

Os resultados obtidos na classificação supervisionada indicaram a existência de áreas de agricultura, pastos, solos expostos, vegetação secundária e florestas densas. Os espaços que se incluem na classe 'não observadas' foram de apenas 0.08 ha, pela inexistência de nuvens e sombras. Foi observada elevada incidência de florestas consideradas densas, aproximadamente 8.000 hectares de mata nativa, seguido de locais onde a vegetação rasteira, arbustiva ou arbórea, rotuladas como vegetação secundária se dispõem

em boa área, aproximadamente 4.400 hectares (tabela 03).

Em contrapartida, apenas 3.9 % do total é recoberto por agriculturas, as quais estão ligadas à cultura de feijão. As atividades antrópicas se manifestaram em escalas consideradas relativamente baixas, quando comparados ao total

ainda preservada, não sendo verificadas grandes cidades na área, caracterizando a região como inteiramente ruralizada do ponto de vista produtivo, fato que se comprova pelos focos pontuais de solos expostos verificados, o que indica a existência de vilas locais que utilizam a queima de áreas para produção agrícola em regime de roçados.

Figura 4 - Uso do solo no local avaliado.

Perfil de temperatura

A mensuração dos dados de radiação espectral e a sua posterior conversão em valores térmicos de brilho objetivou avaliar médias de temperatura da superfície no domínio numérico e identificar possíveis oscilações térmicas nos períodos analisados (janeiro de 2012 a dezembro de 2018). O perfil de temperatura se mostrou compatível ao padrão normalmente observado na região amazônica, que assinala médias térmicas máximas superiores a 28°C no período do verão amazônico, como observado na figura 5, onde é possível observar a variação de temperatura na área zoneada e, indicado em vermelho, a média para os últimos sete anos, sendo igual a 26.9°C. O aumento geral de temperatura a partir de 2016 na região pode estar ligado à intensificação de atividades antrópicas no período, assim como mudanças resultantes da calibração do sensor utilizado, ou ainda anomalias térmicas, como fenômenos

positivos e negativos recorrentes no Pacífico, que interferem diretamente na região.

Figura 5 - Variação de temperatura 2012-2018.

No local avaliado, as médias máximas verificadas corroboram com os registros de documentos meteorológicos técnicos para o município, como perfil climático registrado pela Embrapa (1999a), buscando realizar o zoneamento

agroecológico do referido município encontrou temperaturas máximas de 31°C para o mês de setembro, e descreveu que a média anual varia de 28 a 33 °C no município.

Acesso hídrico e relevo

Os estudos referentes à malha hidrográfica das regiões pertencentes ao nordeste paraense ainda são pouco precisos, sobretudo pelo tamanho da área e a dificuldade de registro total dos corpos hídricos existentes. Contudo, existem modelos de extração de redes de drenagem bastante precisos, que evidenciam as zonas de altimetria mais baixa e extraem as malhas hídricas. Neste estudo o método de extração de rede de drenagem com o processamento de imagens de radar que, aliado ao material cartográfico que dispõe de informações sobre os rios do município, representou os principais rios no local de estudo e seus respectivos afluentes.

O rio Emboraí, foi o corpo hídrico mais importante encontrado na área estudada. Localizado nas regiões estuarinas do município, é considerado uma das fontes de alimentação para comunidades que residem na região próxima à orla marítima, fundamentalmente pela exploração de bivalves, entre eles o mexilhão. É considerado pela Embrapa (1999a) importante para socioeconomia das localidades e no crescimento agropecuário do município.

Para a elevação média na localidade, o modelo de determinação hipsométrico através de dados SRTM se mostrou satisfatório para obtenção das formas de relevo e delineamento das curvas de nível, demonstrando que o local exibe, de modo geral, um relevo plano bastante adequado para as atividades aquícolas, facilitando assim a elaboração de planos de construção para viveiros escavados, porém a porção sul da região é recoberta por relevos mais altos que apresentam declividades acentuadas, aumentando assim a restrição para estruturação nestes locais, por conta da alta onerosidade resultante da movimentação de terra, o que pode dificultar o estabelecimento do projeto.

O levantamento de planos de informação através de dados SRTM são retratados por Volcker e Scott (2008) como materiais eficientes na interpretação, identificação e caracterização das componentes ambientais fisiográficas, servindo como base para elaboração de ambientes virtuais que representam o espaço. Seu delineamento é uma das principais componentes de fatores que interferem na quantificação produtiva de projetos agrários.

Planejamento Integrado

O principal resultado do planejamento é a possibilidade de se visualizar a área de forma integral, permitindo assim se considerar diferentes necessidades do processo produtivo na cadeia aquícola, levando em consideração vantagens e desvantagens presentes dentro do território analisado, observando completamente não apenas os fatores técnicos abordados como também outros parâmetros que se mostram importantes para a realização da atividade, direta ou ainda indiretamente.

A análise integrada para o município de Augusto Corrêa pode ser encontrada, de maneira sintetizada, na figura 6. Nela se observa a distribuição dos locais mais adequados à implantação de projetos aquícolas marinhos na região.

De modo geral, o território avaliado mostra boas condições técnicas para a expansão da aquicultura marinha em tanques escavados, obedecendo a critérios de conservação ambiental e observações integradas dos planos de informação utilizados. No estudo, 14.5 % da área total estudada apresentaram excelentes condições para o desenvolvimento da maricultura; 30.8% se mostram como muito boas à inserção das práticas marinhas; 26.2% do total local exibem boas ao emprego da aquicultura e apenas 10.3% do território demonstra algum tipo de restrição para incorporação da aquicultura marinha no município.

Figura 6 - Modelo de potencial aquícola marinho.

As categorias subdivididas nos pontos extremos da classificação de áreas obtiveram sua categorização estabelecida, principalmente por conta do elevado peso atribuído ao acesso hídrico, que é considerado fator determinante ao avanço da atividade, e planialtimetria média para construção de viveiros no município, que eleva os custos com terraplanagem. Os locais identificados como restritos para a incorporação aquícola estão presentes de forma intensa em regiões de elevada altimetria e acentuada declividade, além de apresentarem vegetação de florestas densas e se encontram em pontos considerados remotos no que diz respeito ao acesso hídrico e rodoviário, o que encarece os custos para edificação e torna o empreendimento arriscado, prevendo o escoamento do produto. Em contrapartida, as zonas excelentes e muito boas estão localizadas em locais mais próximos às drenagens do município, as quais estão relacionadas com relevos planos.

É imprescindível a avaliação técnica mais detalhada à medida que a escala de estudo aumenta, o que resulta em zoneamentos ainda mais precisos, potencializando sobremaneira a utilização do espaço para aquicultura. Se reforça a complexidade e flexibilidade dos critérios selecionados para representação do zoneamento proposto no trabalho, onde a revisão dos fatores utilizados, tanto para exclusão como inclusão de novos fatores resultará

na criação de produtos finais diferentes, assim como o estabelecimento de diferentes pesos de acordo com os aspectos ecológicos encontradas em diferentes regiões.

Os locais considerados ideais para implantação de empreendimentos correspondem a aproximadamente 9.829 ha, somando as classes de aptidão excelentes, muito boas e boas para aquicultura. E destes, aproximadamente 4.914 ha seriam avaliadas como lâmina de água evidentemente produtiva. Este cálculo se baseia em índices de aproveitamento da terra em uma determinada propriedade para fins aquícolas estabelecidas pela PDCC (Programa Estadual para o Desenvolvimento do Cultivo de Camarões- SC), os dados do programa observam perdas de espaços resultantes da criação de reservas legais dentro da propriedade, construção de áreas para instalações, possíveis afastamentos, estruturação de taludes, criação de bacias para decantação e tratamento de resíduos, zonas para recirculação, etc.; denotando por tanto a área útil para espelho de água como 50% do total em potencial presente no território. Sendo assim, se estima que 35.7% das terras totais encontradas no trabalho; dispensando zonas ciliares, locais de proteção/conservação ambiental, sítios que não sugerem condições técnicas apropriadas e áreas aptas, porém inferiores a 01 ha; demonstram boas ou excelentes condições para o emprego da maricultura em Augusto Corrêa, este

número corresponde ao espelho de água estimado visto como realmente produtivo no município.

Avaliação de dados in loco

A partir do processamento de imagens e caracterização dos locais que aparentemente apresentam potencialidade para aquicultura, foi realizada análise de dados em campo visando obter percentuais de salinidade e granulometria dos solos nas áreas aptas, tais medidas ambientais são

determinantes para inserção de aquiculturas marinhas, principalmente pela alta tangibilidade dos viveiros escavados e a relativa influência na quantidade de ciclos produtivos. As informações foram extraídas acompanhando mapas georreferenciados gerados nos planos de informação resultantes do planejamento integrado usado no estudo, observando prioritariamente as áreas tidas como excelentes à prática aquícola. Pela facilidade de acesso para avaliação textural do solo, se escolheram zonas próximas à BR 308, e zonas às margens do rio Emborai para coleta e análise de salinidade (figura 7).

Figura 7 - Locais de coletas *in loco*.

Os percentuais texturais obtidos no estudo (tabela 6) indicam que os solos da região apresentam caráter altamente argiloso, ficou evidente a grande participação da fração de argila no local, representando índices superiores a 60% e indicando que estas zonas são ideais para construções civis. Para Angell (1998) os solos argilosos são ideais para o cultivo de camarões marinhos, por apresentarem elevado índice de

fertilidade natural pela alta capacidade de retenção de água.

O percentual de frações de solo geradas pelo triângulo textural evidenciam o ponto médio relativo às frações pedológicas encontradas no local de estudo, a figura 8 indica os percentuais observados gerados a partir do aplicativo Triângulo textural, utilizando (A) grupo ADAS (Reino unido), (B) departamento de agricultura dos EUA e (C) o modelo simplificado da Embrapa.

Figura 8 – Perfil granulométrico gerado no estudo.

As avaliações relativas à salinidade do principal rio encontrado na zona de estudo mostram índices superiores a 20 g/L^{-1} , corroborando com ponderações de Barbieri e Neto (2002) e Poli et al. (2000) os quais relatam que as águas utilizadas em cultivos marinhos, essencialmente voltadas à carcinicultura, desempenham condições ótimas aos organismos se localizadas no intervalo de 18 a 22 g/L^{-1} . Para o espaço estudado, no ponto 01 a salinidade correspondeu a 23 g/L^{-1} , no ponto 02 o valor foi de 21 g/L^{-1} e no ponto 03 o valor corresponde a 21 g/L^{-1} . Os resultados reforçam ideias expostas no zoneamento agroecológico municipal, realizado pela Embrapa (1999b) em estudo que visava caracterizar o município de Augusto Corrêa indicando áreas apropriadas que presumem potencialidades para produção de culturas alimentares e industriais, o uso sustentável de atividades agroecológicas, preservação ambiental, para inserção de projetos de colonização, locais aptos à expansão urbana e implantação de infraestrutura viária. Descrevendo o município

como uma região de influência fluvio-marinha, onde as águas apresentam elevados teores de sal, onde rios e igarapés que recebem influência da água salgada por ação de marés. Em pesquisa que visava avaliar parâmetros bióticos em viveiros marinhos destinados à carcinicultura na região do salgado, Silva et al. (2011) observou gradientes salinos superiores a 20 g/L^{-1} . De modo geral, os valores de salinidade identificados denotam boas condições ao desenvolvimento da maricultura.

Tabela 6 - Frações de solo.

Ponto	Percentual (%)		
	Areia	Silte	Argila
1	13.8	34.4	49.8
2	18.3	18.5	63.2
3	9.5	31	59.5
4	13.4	24.2	62.4
5	12.6	26	61.4
6	16.3	15.9	67.8
7	16.7	19.9	63.4
Soma	100.6	171.9	427.5
Média	14.37	24.56	61.07

Conclusões

Diante da grande extensão territorial da região amazônica, e dificuldades de visitar vastos territórios, sejam por perfis no relevo acidentado ou impossibilidades no acesso direto por rodovias não pavimentadas, as geotecnologias e modelos computacionais desempenharam um importante papel no delineamento, leitura e principalmente integralização de dados que possibilitaram apontar locais ideais ao estabelecimento de projetos de médias e grandes escalas em sistemas semi-intensivos de viveiros escavados, servindo como base para conhecimentos prévios de possíveis causas e efeitos futuros resultantes da implantação dos empreendimentos, e podem favorecer a gestão territorial costeira.

A eficiência nos resultados mostrou que a região avaliada apresenta grande potencialidade à expansão da aquicultura marinha, obedecendo aos critérios legislativos estabelecidos atualmente para o município, e dispõe de boas condições técnicas e ambientais para esta finalidade. Os resultados ainda indicam boas condições de acesso hídrico e evidenciam relevos adequados para a estruturação de instalações rurais. É imprescindível observar a dinâmica referente aos fatores utilizados no estudo, os dados estão sujeitos a mudanças mediante inserção ou retirada de uma determinada classe, resultando em componentes finais diferentes. O zoneamento técnico econômico demonstrou ser um instrumento eficaz na busca pela adequação do meio produtivo marinho às novas tendências conservacionistas costeiras na região da Amazônia oriental, fornecendo subsídios para discussões referentes à maximização da cadeia produtiva aquícola na região costeira, sua integralização ao meio produtivo rural, o melhor uso do espaço disponível para produção agropecuária em alta escala e posteriormente a interferência direta destas ações na economia local.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Referências

Angell, C. L. Costal Aquaculture Zoning in Sri Lanka. 1998. Based on the work of a consultant in application of GIS and remote sensing. FAO (Food and Agriculture Organization of the

- United Nations) consultant on costal aquaculture, Bangkok, n.5.
- Barbieri Júnior, R.C.; Neto, A.O. Camarões marinhos: Engorda, Aprenda Fácil, Viçosa, MG, Brasil. 2º ed. 370 p.
- 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. *Journal of Coastal Research*, Santa Catarina, v.49, 38-52.
- BNDES. Banco Nacional do Desenvolvimento. 2012. Panorama da aquicultura no Brasil: desafios e oportunidades. *Agroindústrias, setorial 35*, 421-463.
- Boyd, C. E.; Queiroz, J. F. 2014. The role and management of bottom soils in aquaculture ponds. *Infofish International*, Puchong, v. 2, 22-28.
- Brabo, M. F.; Pereira, L.F.S.; Ferreira, L.A.; Costa, J.W.P.; Campelo, D.A.V.; Veras, G.C. 2016. A cadeia produtiva da aquicultura no nordeste paraense, Amazônia, Brasil. *Informações Econômicas*, SP, v. 46, 16-26.
- Centeno, J.A.S. Sensoriamento remoto e processamento de imagens digitais. Curso de Pós-graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná. 2004. Disponível < <https://docs.ufpr.br/~centeno/uni/pdi/index.html>>. Acesso: 30 jan. 2019.
- Chen, B.; Xiao, X.; Li, X.; Pan, L.; Doughty, R., Ma, J.; Dong, J.; Qin, Y.; Zhao, B.; Wu, Z. 2017. A mangrove forest map of china in 2015, analysis of time series landsat 7/8 and sentinel1a imagery in google earth engine cloud computing platform. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, v. 131, 104-120.
- Crepani, E.; Medeiros, J.S.; Filho, P.H.; Florenzano, T.G.; Duarte, V.; Barbosa, C.C.F. 2001. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. INPE- São José dos Campos/SP, 103 p.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1999a. Zoneamento agroecológico do município de Augusto Corrêa, estado do Pará. Embrapa Amazônia Oriental, Belém-PA, 1999, 55 p.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1999b. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília-DF, 412 p.

- EMBRAPA, Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. 2015. Zoneamento Aquícola: análise de contexto e abordagens técnicas. Pesca e aquicultura, Palmas/TO- Brasil. 1º ed., 40 p.
- Freitas, R.R.; Tagliani, C.R.A.; Poersch, L.H.D.S.; Tagliani, P.A.R.A. 2009. Gestão de ambientes costeiros: uso de SIG como apoio a decisão na implantação de fazendas de camarões marinhos, Ilha do Tarotama. Revista da Gestão Costeira Integrada. Santa Catarina, v.9, 45-54.
- Freitas, R.R.; Tagliani, P.A.R.A.; Poersch, L.H.D.S. 2015. Geoprocessamento aplicado na carcinicultura marinha em São José do Norte, Rio Grande do Sul, Brasil. Revista de Gestão Costeira Integrada/Journal of Integrated Coastal Zone Management, Santa Catarina, v.15, 209-222.
- GESAMP (IMO/ FAO/ UNESCO/ WMO/ IAEA/ UNEP). 2001. Joint group of experts on the scientific aspects of marine environmental protection. Planning and management for sustainable coastal aquaculture development. New York, 2001, 90 p.
- GESAMP (IMO/ FAO/ UNESCO/ WMO/ IAEA/ UNEP). 2008. Universal software for fishery statistical time series. Aquaculture production: values 1984–2006; Capture production: 1950–2006; Commodities production and trade: 1950–2006; 2006, New York, 2008, 257 p.
- Giap, D.H.; Yi, Y.; Yakupitiyage, A. 2005. GIS for land evaluation for shrimp farming in Haiphong of Vietnam. Ocean Coast Manage, v.48, 51-63.
- Goodchild, M.F.; Quattrochi, D.A. 1997. Scale in Remote Sensing and GIS. 1ªed. Boca Raton, Flórida: CRC Press, 432 p.
- Gorelick, N.; Hancher, M.; Dixon, M.; Iluyschenko, S.; Thau, D.; Moore, R. 2017. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote Sensing of Environment, v. 202, 18-27.
- Hossain, M.S.; Chowdhury, S.R.; Das, N.G.; Rahaman, M.M. 2007. Multi-criteria evaluation approach to GIS-based land-suitability classification for tilapia farming in Bangladesh. Aquaculture International, v. 15, 425-443.
- IBGE 2014. Bases cartográficas. Disponível em : <<https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais>>. Acesso em 20 jan. 2019.
- IBGE 2019. Cidades do Brasil. Disponível em : <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/augusto-correa/panorama>>. Acesso em 15 jan.2020.
- Johnson, L.B.; Richards, C.; Host, G.E.; Arthur, J.W. 1997. Landscape influences on water chemistry in mid-western stream ecosystems. Freshwater Biology, v. 37, 193-208.
- Kapetsky, J. M.; Nath, S. S. 1997. A strategic assessment of the potential for freshwater fish farming in Latin America. FAO Copescal Technical Paper, Roma, 128 p.
- Oliveira, N. 2000. Engenharia para aquicultura. Universidade federal de Pernambuco. 1º ed., 294 p.
- Maente, R.E.X; Dória, C.R.C. 2017. Caracterização da cadeia produtiva da piscicultura no estado de Rondônia: Desenvolvimento e fatores limitantes. Revista de Administração e Negócios da Amazônia, v.9, 164-181.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em:<<https://antigo.mma.gov.br/areas-protetidas/cadastro-nacional-de-ucs/dados-georreferenciados.html>>. Acesso em 13 de agosto de 2017.
- Novo código florestal brasileiro - Lei nº 12.651, de 25 maio de 2012. Disponível em:<<http://saema.com.br/files/Novo%20Codigo%20Florestal.pdf>>. Acesso em 15 de junho de 2017.
- Poli, C.R.; Borghetti, J.R.; Grumann A. Situação Atual da Aquicultura na Região Sul. 2000. In: C.R. Poli e A. Grumann (edt.), Aquicultura no Brasil: Bases para um desenvolvimento sustentável, Florianópolis, SC, Brasil: Ministério da ciência e tecnologia. 323-351.
- Proença, C.E.M.; Bittencourt, P.R.L. (IBAMA, DIREN, DEPAQ/DIPEA). 1994. Manual de Piscicultura Tropical. Brasília, 196 p.
- Salam, M.A.; Khatun, N.A.; Ali, M.M. 2005. Carp farming potential in Barhatta Upazilla, Bangladesh: a GIS methodological perspective. Aquaculture, v.1, 75-87.
- SEPAq. Secretaria de Estado de Pesca e Aquicultura do Pará. 2011. Piscicultura - Uma alternativa rentável. Editora Agropecuária. Quadro sinótico, 180 p.
- Silva, R.S.; Araújo, R.F.; Souza, A.S.; Rocha, C.P.; Melo, N.F.A.C. 2011. Avaliação dos parâmetros abióticos e caracterização do mesozooplâncton em um viveiro de cultivo de *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) em Curuçá, Pará, Brasil. Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre, RS, v.9, 502-508.
- Torres, C.; Andrade, C. 2010. Processo de decisão de Análise Espacial na seleção de áreas ótimas para a Aquicultura Marinha: O exemplo da Ilha

- da Madeira. Revista da Gestão Costeira Integrada. Santa Catarina, v.10, n21-330.
- Vitalli, P.D.L.; Zakia, M.J.B.; Durigan, G. 2009. Considerações sobre a legislação correlata à zona tampão de unidades de conservação no Brasil. Ambiente & Sociedade, São Paulo, v.12, 67-82.
- Volcker, C.M; Scott, P. 2008. SIG e sensoriamento remoto para a determinação do potencial da aquicultura no baixo São João-RJ. Sistemas & Gestão, Rio de Janeiro, v.3, 196-215.
- Zimmermann, S.; Ribeiro, R. P.; Vargas, L.; Moreira, H. L. M. 2001. Fundamentos da aquicultura moderna. Canoas, Ed. ULBRA, 200 p.