



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

EVERTON GESSER DELLA GIUSTINA

**AVALIAÇÃO DE PRODUTOS DO SENSOR LASER
SCANNER NO PLANEJAMENTO E CONCEPÇÃO DE
PROJETOS DE UNIDADES DE PRODUÇÃO EM
CARCINICULTURA MARINHA**

**Florianópolis
2011**

Everton Gesser Della Giustina

**AVALIAÇÃO DE PRODUTOS DO SENSOR LASER
SCANNER NO PLANEJAMENTO E CONCEPÇÃO DE
PROJETOS DE UNIDADES DE PRODUÇÃO EM
CARCINICULTURA MARINHA**

Dissertação submetida ao
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil da Universidade
Federal de Santa Catarina para a
obtenção do título de Mestre em
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Carlos Loch, Dr.

Florianópolis
2011

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária
da
Universidade Federal de Santa Catarina

D357a Della Giustina, Everton Gesser

Avaliação de produtos do sensor laser scanner no planejamento e concepção de projetos de unidades de produção em carcinicultura marinha [dissertação] / Everton Gesser Della Giustina ; orientador, Carlos Loch. – Florianópolis, SC, 2011.

111 p.: Il., mapas

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

Inclui referências

1. Engenharia civil. 2. Carcinicultura. 3. Gestão ambiental. 4. Avaliação sensorial. I. Loch, Carlos. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

CDU 624

AVALIAÇÃO DE PRODUTOS DO SENSOR LASER
SCANNER NO PLANEJAMENTO E CONCEPÇÃO DE
PROJETOS DE UNIDADES DE PRODUÇÃO EM
CARCINICULTURA MARINHA

Dissertação julgada adequada para a obtenção do Título de MESTRE em Engenharia Civil e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

EVERTON GESSER DELLA GIUSTINA

Prof^a. Dra. Janaide Cavalcante Rocha - Coordenadora do
PPGEC

Prof.Dr. Carlos Loch - Orientador

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. Carlos Loch – PPGEC/UFSC - Moderador

Prof. Dr. Edegar Roberto Andreatta – PPGA/UFSC

Prof. Dr. Ing. Jürgen Philips - PPGEC/UFSC

Prof. Dr. Jorge Antônio Silva Centeno – UFPR

Dr. Alexandre Hering Coelho

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me permitido cumprir mais uma etapa da minha vida.

Ao meu pai Sebastião Esídio, minha mãe Leonila, minhas irmãs e parentes por me apoiarem nos momentos difíceis que passei nesta caminhada.

Em especial a Carolina, esposa e companheira, pela paciência e amparo e Manuela, minha filha.

Ao povo nordestino que me acolheu durante a minha passagem por lá.

Ao professor Dr.Carlos Loch pela orientação, incentivo e amizade.

A Universidade Federal de Santa Catarina ao Departamento de Pós-Graduação em Engenharia Civil por tornarem possível a realização deste trabalho nas suas dependências.

Ao Laboratório de Fotogrametria Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento da UFSC por fornecer o suporte técnico e de infraestrutura necessária para o trabalho.

Ao CNPq pelo auxílio financeiro cedido para a elaboração deste trabalho.

As empresas Esteio Engenharia e Aerolevantamentos S/A, Aeroimagem S/A, ambas com sede em Curitiba-PR e a prefeitura municipal de Joinville por cederem os dados com intuito de incentivar a pesquisa e ampliar o conhecimentos nesta área .

A todos os amigos que compartilharam e construíram junto comigo esta dissertação.

Muito Obrigado!

Sofremos demasiado pelo pouco que
nos falta e alegremo-nos pouco pelo muito que
temos...
(Autor desconhecido)

RESUMO

A carcinicultura é um dos ramos da aquicultura global de maior velocidade de crescimento. A redução do impacto destes cultivos nos ambientes costeiros está diretamente ligada ao planejamento e ao gerenciamento. Neste sentido o objetivo deste trabalho foi desenvolver uma pesquisa aplicada no estudo da potencialidade da tecnologia *Airborne Laser Scanning* no planejamento e concepção de projetos de carcinicultura marinha. Os Modelos Digitais de Terreno de alta resolução geométrica gerados a partir dos pontos laser scanner apresentaram grande potencialidade de aplicação. Serviram de suporte às análises ambientais, aspecto topográfico e outras características de forma da terra. As análises ambientais relacionadas à modelagem topográfica com os pontos derivados do laser scanner potencializadas neste estudo foram: altimetria, declividade, bacia hidrográfica, rede de drenagem e áreas com influencia de maré. A simulação do empreendimento feita através da adição do projeto geométrico da fazenda de camarão na área de estudo e a visualização em 3D constituíram-se em uma importante base de estudo do efeito deste projeto no ambiente em que ele será inserido.

Palavras Chaves: Carcinicultura, *Airborne Laser Scanning*, Gestão ambiental.

ABSTRACT

Shrimp farming is one of the branches of the global aquaculture with higher growth rate. Reducing the impact of these crops in coastal environments is directly related to planning and management. The objective of this research was to study the potential of the Airborne Laser Scanning applied for planning and design of marine shrimp farming projects. High resolution Digital Terrain Models generated from the laser scanner points presented a great potential for this application supporting the environmental analysis, topographic aspect, and other characteristics of earth shapes. The topographic modeling with points derived from technology Airborne Laser Scanning improved environmental analyses related to: altimetry, slope, watershed, drainage system and areas with tidal influence. Both the simulation of the proposed project, that was made by the addition of the geometric design of the shrimp farm in the study area, and its 3D visualization proved to be important tools for the evaluation of the effects of the proposed project on the surrounding environment.

Keywords: Shrimp farming, Airborne Laser Scanning, Environmental management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação de critérios para a delimitação de Áreas de Preservação Permanente, relacionados pela Resolução CONAMA 303.....	39
Figura 2 - Metodologia aplicada	50
Figura 3 - Localização da bacia hidrográfica: Em destaque área de estudo	53
Figura 4 - Dados laser scanner tridimensionais (X, Y e Z), disponibilizados no formato ASCII.....	54
Figura 5 - Exemplo do modelo criado para a geração de bacia hidrográfica e hierarquia fluvial	57
Figura 6 - Triangulação de Delaunay	58
Figura 7 - Geração do modelo de dados raster	59
Figura 8 - (a) raster direção de fluxo, (b) raster acumulação de fluxos, (c) segmentação de rede de drenagem.....	60
Figura 9 - Resultado final – rede de drenagem em <i>shapefile</i>	60
Figura 10 - Modelo digital de terreno (MDT) oriundo dos dados ALS	64
Figura 11- MDT gerado a partir dos pontos laser scanner	66
Figura 12 - MDT gerado a partir das curvas de nível da restituição aerofotogramétrica escala 1:5.000.....	66
Figura 13 - Mapa da bacia hidrográfica delimitada automaticamente	67
Figura 14 - Mapa da hierarquia fluvial da bacia estudada.....	68
Figura 15 - Mapa de declividade da área estudada.....	70
Figura 16 - Mapa de uso de terra e restrições legais	72
Figura 17 - Mapa da simulação de maré 1,9 m sobre MDT	74
Figura 18 - Mapa da área destinado ao projeto geométrico da fazenda sobreposta ao MDT.....	76
Figura 19 - Visualização do MDT como superfícies em três dimensões da bacia hidrográfica	78
Figura 20 - Projeção de uma imagem digital sobre MDT	79
Figura 21 – a) MDT da área de estudo a partir dos pontos laser scanner com adição do projeto geométrico. b) Visualização 3D de parte do MDT da bacia hidrográfica com adição do projeto geométrico	81
Figura 22 - Rede de drenagem da bacia com o projeto o projeto geométrico adicionado	82

LISTA DE ABREVIATURAS

ABCC - Associação Brasileira dos Criadores de Camarão
ALS - Airborne Laser Scanning
APP - Área de Preservação Permanente
Art. - Artigo
CAD - *Computer Aided Design*
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPSFS - Capitania dos Portos de São Francisco do Sul
CTM - Cadastro Técnico Multifinalitário
DHN - Diretoria de Hidrografia e Navegação
EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
FATMA - Fundação do meio ambiente de Santa Catarina
GPS - *Global Positioning System*
IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LabFSG - Laboratório de Fotogrametria Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (UFSC)
LIDAR - *Light Detection and Ranging*
MDE - Modelos Digitais de elevação
MDT - Modelo Digital do Terreno
MMA - Ministério do Meio Ambiente
MPiA - *Multiple Pulses in Air*
NASA - *National Aeronautics and Space Administration*
NIM – Necrose infecciosa muscular
NOAA - *National Oceanic and Atmospheric Administration*
PR - Paraná
PTI – Plano temático de informação
S.A. – Sociedade Anônima
SAD 69 - *South American Datum 1969*
SIG - Sistema de Informações Geográficas
TIN - *Triangulated Irregular Network*
UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina
WSSV - *White spot syndrome virus*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
2	JUSTIFICATIVAS.....	25
2.1	ABRANGÊNCIA DO TRABALHO.....	27
3	OBJETIVOS	29
3.1	OBJETIVO GERAL	29
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	29
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	31
4.1	CARCINOCULTURA E MEIO AMBIENTE.....	31
4.2	DIRECIONAMENTO DA ATIVIDADE DE CARCINOCULTURA....	33
4.3	LEGISLAÇÃO AMBIENTAL APLICÁVEL.....	36
4.3.1	Áreas de Preservação Permanente (APP).....	37
4.3.2	Reserva legal	39
4.3.3	Licenciamento ambiental dos empreendimentos... 41	
4.4	CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO E GESTÃO TERRITORIAL.....	41
4.5	SENSORIAMENTO REMOTO.....	42
4.5.1	Airborne Laser Scanning (ALS).....	43
4.5.1.1	A tecnologia	43
4.5.1.2	Aplicações	44
4.5.1.3	Comparação com outras técnicas	44
4.5.1.4	ALS e o planejamento costeiro.....	45
4.6	MODELAGEM COMPUTACIONAL DE TERRENO.....	47
5	MATERIAIS E MÉTODOS	49
5.1	DOCUMENTOS CARTOGRÁFICOS	49
5.2	HARDWARE E SOFTWARE	49
5.3	MÉTODO	50
5.3.1	Estruturação do método.....	50
5.4	DETERMINAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	52
5.5	AQUISIÇÃO DOS DADOS: DADOS ALS.....	54
5.6	BANCO DE DADOS GEOGRÁFICO.....	55
5.7	IMPORTAÇÃO DOS DADOS ALS.....	55
5.8	LEVANTAMENTO DO USO ATUAL DA TERRA UTILIZANDO FOTOINTERPRETAÇÃO.....	56

5.9	ANÁLISE ESPACIAL E EDIÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS	56
5.10	GERAÇÃO DA SUPERFÍCIE DO TERRENO ATRAVÉS DE <i>TRIANGULATED IRREGULAR NETWORK (TIN)</i>	58
5.11	GERAÇÃO DO MODELO DE DADOS RASTER	58
5.12	EXTRAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM E DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA	59
5.13	CONFEÇÃO DO PROJETO.....	61
5.13.1	Definição dos critérios para escolha da área destinada ao projeto	61
5.13.2	Projeto técnico.....	62
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	63
6.1	POTENCIALIDADES DA TÉCNICA DO LASER SCANNER PARA A CARCINICULTURA	63
6.1.1	Modelo Digital do Terreno (MDT)	63
6.1.2	Análise ambiental.....	66
6.1.2.1	Bacia hidrográfica	66
6.1.2.2	Rede de drenagem.....	68
6.1.2.3	Declividade	69
6.1.3	Restrições legais na área estudada	71
6.2	DELIMITAÇÃO DA ÁREA DESTINADA AO PROJETO GEOMÉTRICO	75
6.3	ADIÇÃO DO PROJETO GEOMÉTRICO DE FAZENDA DE CAMARÃO E GERAÇÃO DE MDT COM A UNIDADE PROJETADA	77
6.3.1	Visualização tridimensional do MDT	77
6.3.2	Visualização tridimensional do MDT com projeto geométrico	80
7	CONCLUSÕES	83
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85
9	ANEXO.....	95
9.1	PROJETO TÉCNICO.....	95

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a aquicultura tornou-se uma atividade econômica importante nas áreas costeiras de muitos países. Oferece oportunidades para alívio da pobreza, desenvolvimento comunitário e segurança alimentar para as populações litorâneas que padecem pela falta de oportunidade de emprego e pela degradação acelerada de alguns de seus ecossistemas.

A carcinicultura, técnica de criação de camarões marinhos em viveiros, é um dos ramos da aquicultura global de maior velocidade de crescimento. Os seus processos de expansão e desenvolvimento em todo o mundo, embora com registros de interiorização menos intensificada, ocorrem preferencialmente nas áreas costeiras.

Segundo Páez-osuma (2001) a carcinicultura mundial expandiu-se atraída pela demanda. A lucratividade e a geração de divisas se tornaram as principais causas para o desenvolvimento da atividade, sendo incentivadas em países em desenvolvimento da Ásia e da América Latina, onde hoje se concentra a produção mundial de camarão marinho cultivado dos principais mercados mundiais nos últimos anos.

O crescimento deste agronegócio trouxe para a região mais pobre do Brasil e menos contemplada por programas governamentais de desenvolvimento benefícios em termos de geração de emprego e de divisas, com exportação do camarão para mercados externos. No Brasil, as fazendas foram construídas em antigos viveiros de peixes estuarinos, salinas desativadas, litoral superior e atrás dos mangues (GESTEIRA e PAIVA, 2003).

O desenvolvimento da carcinicultura nestas áreas costeiras tem gerado controvérsias, particularmente com relação aos seus custos ambientais e benefícios sociais. A rápida expansão do cultivo de camarões em alguns países da América Latina e Ásia tem chamado atenção para a necessidade de um plano de estratégia de desenvolvimento. Tais estratégias devem ser direcionadas para atingir o potencial do setor apontando para o crescimento econômico e diminuição da pobreza, ao mesmo tempo controlando o negativo ambiental e os impactos sociais (WORLD BANK, 2002).

World Bank (2002) coloca ainda que a redução do impacto do cultivo de camarões nos ambientes costeiros depende das seguintes práticas de planejamento e gerenciamento: correta seleção das áreas; correta elaboração dos projetos e construção dos empreendimentos;

redução dos impactos do uso da água e da descarga dos efluentes nos corpos de água locais; a utilização de pós-larvas de qualidade conhecida; uso responsável de químicos; utilização de alimento de qualidade e manejo alimentar eficiente; práticas de manejo para controle sanitário eficiente; minimizar impactos sociais para utilizar o cultivo de camarões como ferramenta na diminuição de pobreza nas áreas costeiras.

Desta forma, torna-se imperativo para a garantia da sustentabilidade da carcinicultura nacional o conhecimento e a gestão dos impactos ambientais da atividade, o estabelecimento da capacidade de suporte das bacias destinadas à cultura do camarão e investimentos em pesquisas voltadas para o desenvolvimento de tecnologias que neutralizem ou reduzam substancialmente esses impactos.

Seiffert et al. (2003) coloca que a base para o sucesso de qualquer tipo de planejamento é a informação. Assim o planejamento do uso dos recursos naturais em uma bacia hidrográfica exige que sejam atualizadas escalas adequadas à tomada de decisões. Informações desatualizadas e em escalas inadequadas impedem a interpretação correta sobre a dinâmica dos ecossistemas costeiros. Por outro lado, a utilização racional das potencialidades regionais, tido como desenvolvimento local, também depende da obtenção de informações regionais que identifiquem a dinâmica dos recursos naturais existentes.

2 JUSTIFICATIVAS

O planejamento na construção de viveiros para carcinicultura deve satisfazer algumas condições, a fim de otimizar a ocupação do terreno e minimizar custos de implantação, bem como otimizar as condições de manejo nas futuras instalações. Para isto devem ser analisados, prioritariamente, os seguintes recursos: água, solo e relevo (POLI et al., 2004). O planejamento da atividade tem sido dificultado principalmente devido à ausência de informações precisas sobre a disponibilidade destes recursos (KAPETSKY et al., 1987).

O conhecimento do meio físico, através de dados coletados em séries temporais, permite identificar características particulares que incidirão de forma direta no planejamento das fazendas de cultivo. Além das informações sócio-econômicas e interpretação de fotos aéreas, o levantamento do cadastro técnico das propriedades, bem como o levantamento topográfico da área de interesse, são também necessários (BELTRAME, 2003).

O custo de implantação de um projeto depende das características da área a ser escolhida (topografia, tipo de solo, cobertura vegetal e necessidade de drenagem), do design e da estratégia de construção dos viveiros e demais instalações. Para minimizar esse custo é necessário que se tenha um bom estudo topográfico da área que possibilite determinar o formato e a dimensão real, bem como a determinação das posições planimétricas e altimétricas dos pontos que permitam a representação do terreno.

Para se evitar a ruptura no equilíbrio dinâmico do ambiente costeiro os projetos de carcinicultura devem favorecer a preservação da capacidade de suporte de uma determinada área. Para isto, serão necessários estudos para conhecimento das relações espaciais existentes entre os elementos do meio físico.

A identificação e a seleção das áreas adequadas para a carcinicultura são críticas, não só para assegurar o sucesso da produção, mas, especialmente para os demais aspectos do manejo dos ecossistemas costeiros. Por este motivo a concepção e planejamento devem contribuir para evitar conflitos com as comunidades tradicionais e com outras atividades econômicas da área em questão.

A correta localização constitui fator chave do ponto de vista técnico, econômico e ambiental, devendo os critérios específicos formar a base para o controle e o manejo da atividade.

A abordagem do planejamento territorial através de distintos propósitos, tanto para empreendimentos de carcinicultura quanto para demais atividades, deve estar em consonância com a legislação ambiental para que se possam estabelecer os usos e conflitos de ocupação e a aplicabilidade de medidas mitigadoras visando a minimização dos impactos ambientais.

Assim, é imperativo que, durante o estabelecimento de unidades de produção, considerações devidas devem ser dadas ao ambiente, habitat ecologicamente sensíveis, e outras utilizações da terra na vizinhança, bem como a sustentabilidade da atividade (FAO et al. 2006). Esta mesma entidade, em seu documento “ *International Principles for Responsible Shrimp Farming.*”, propõem uma série de orientações a serem seguidas no planejamento e execução de um projeto de carcinicultura. As fazendas de carcinicultura devem estar de acordo com o planejamento e a legislação nacional e em locais ambientalmente apropriados, fazendo uso eficiente dos recursos terrestres e aquáticos e de forma que conservem a biodiversidade.

Construir novas fazendas de camarão acima da zona entre-marés com nenhuma perda de manguezais ou de outros habitats sensíveis em áreas úmidas, bem como aprimorar fazendas existentes em áreas entre-marés e em áreas de manguezal com a restauração do manguezal tem sido reportado por diversos autores (FAO et al., 2006; SAMPAIO et al., 2006; ABCC, 2001; GESAMP, 1991).

Em trabalhos realizados no nordeste brasileiro, na concepção e planejamento de unidades de produção aquícolas, era claro a importância da qualidade dos dados para o planejamento do uso dos recursos naturais e, também, o sucesso dos empreendimentos.

Mas, no entanto, produtos oriundos do sensoriamento remoto eram pouco utilizados. Ou simplesmente eram desconhecidos os benefícios que tais produtos poderiam trazer aos estudos que eram realizados.

Para tanto, após tudo o que foi levantado até o momento, o conhecimento geográfico através do levantamento topográfico é fundamental para a viabilização econômica e ambiental de um projeto num determinado local, já que este trabalho oferece uma descrição detalhada do terreno e permite assim um melhor planejamento e aproveitamento da área disponível.

Nos últimos anos, inovações no sensoriamento remoto como o ALS (“*Airborne Laser Scanning*”), abriram novas possibilidades da

aplicação de sensoriamento remoto para a solução de problemas de planejamento e gestão.

A técnica ALS compreende a operação de um sistema que integra uma série de sensores que, juntos, permitem determinar a posição tridimensional georeferenciada de pontos sobre a superfície do terreno, possibilitando a extração de modelos digitais de terreno (MDT), úteis na caracterização e mapeamento do relevo (LOHANI e MASON, 2001).

Mesmo encontrando vários trabalhos relacionados à técnica do ALS aplicados ao mapeamento e ao gerenciamento costeiro (RANGO et al., 2000; LOHANI e MASON, 2001; HWANG et al., 2000; KRAUS e PFEIFER, 1998), há uma inexistência de trabalhos sobre o uso do ALS aplicados diretamente no planejamento e gestão de projetos de carcinicultura marinha.

Com o objetivo de anexar a esses estudos uma tecnologia que pode fornecer informações para confecção de mapas, monitoramento de alterações de recursos naturais, bem como a modelagem de impactos provenientes de decisões de gestão ambiental, optou-se pelo estudo da tecnologia ALS neste trabalho.

Neste sentido, o presente trabalho visa desenvolver pesquisa envolvendo o estudo dessa nova tecnologia visando o conhecimento das relações espaciais existentes entre os elementos do meio físico. Avaliando, assim, produtos gerados pela técnica do ALS frente ao planejamento técnico e gestão espacial na implantação de unidade de produção em carcinicultura.

2.1 Abrangência do Trabalho

Este trabalho tem o intuito de realizar, através de produto gerados pelo ALS, análises embasadas em características físicas buscando a preservação de certas formas de vegetação, principalmente aquelas intimamente ligadas aos recursos hídricos (matas ciliares, margem de reservatórios e mangues) (POLI et al. 2004).

Neste sentido a legislação ambiental utilizada restringe-se somente às áreas protegidas legalmente segundo o Código Florestal Brasileiro: Áreas de Preservação Permanente (APPs) e Reserva legal.

Como não é possível analisar o meio ambiente sem levar em conta os recursos hídricos de uma determinada área propôs-se analisar a bacia hidrográfica onde esta inserida a área de estudo, a partir de dados oriundos do ALS e informações acerca de seu território.

Por final, após a delimitação das áreas com restrições legais, propõem-se a criação de MDT com a simulação de uma unidade de produção feita através da adição do projeto geométrico da fazenda na área de estudo e posterior visualização 3D.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar o potencial da tecnologia ALS no planejamento e concepção de projetos de carcinicultura marinha com ênfase na gestão ambiental.

3.2 Objetivos específicos

A - Geração da superfície do terreno a partir dos dados oriundos da tecnologia ALS;

B – Avaliar a tecnologia ALS no planejamento técnico e gestão espacial de uma unidade de produção em carcinicultura;

C - Criação de MDT com a simulação de uma unidade de produção feita através da adição do projeto geométrico da fazenda;

D - Planejar e valorizar a gestão integrada da carcinicultura com os recursos naturais;

E - Contribuir para o conhecimento e divulgação da tecnologia ALS na área aquícola.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Carcinicultura e meio ambiente

O avanço da carcinicultura marinha no Brasil, principalmente na região Nordeste e Sul, está associado à introdução do camarão branco *Litopenaeus vannamei* (PEREIRA et al., 2006), à produção de rações de alta qualidade, à melhoria das técnicas de cultivo, à melhoria de qualidade das pós-larvas e à disponibilidade de áreas propícias (ROCHA et al., 2004).

Sexto maior produtor mundial de camarão cultivado em 2003, o Brasil apresentou um crescimento da ordem de 50% em relação a 2002, cuja produção foi de 60.128 toneladas (MAIA, 2004). No entanto, dados estatísticos apresentaram uma queda de 25.000 toneladas (28%) para o ano de 2005, embora tenha havido um aumento do número de produtores e área de produção (ROCHA, 2008).

Fatores adversos contribuíram de forma bastante significativa para agravar a crise que se abateu sobre a carcinicultura brasileira a partir de 2004. Dentre estes, destacam-se a ação antidumping imposta pelos Estados Unidos, o surto da mancha branca (WSSV) em Santa Catarina e da NIM (IMNV) na Região Nordeste. Vale à pena ressaltar que a atual crise setorial compreendida entre 2004 e 2007, interrompeu um crescimento exponencial médio de 71% ao ano, registrado entre 1997 (3.600 t) e 2003 (90.180 t), sendo que, em 2004 a produção foi reduzida para 75.904 t. e a partir de 2005, quando se registrou uma nova queda da produção (65.000 t) a mesma foi estabilizada em 2006 e 2007, num patamar de 65.000 t (ROCHA, 2008).

Apesar dos problemas técnicos e de mercado que a carcinicultura enfrenta no Brasil, claros sinais de superação dos seus principais problemas podem ser observados (ROCHA, 2008). Os últimos anos têm apontando para a retomada do crescimento assim como a discussão em torno dos impactos ambientais que esta atividade pode ocasionar. Dentre os possíveis problemas ambientais, apontados, que podem ser atribuídos à atividade como degradação do ecossistema e da paisagem (SAMPAIO et al., 2006) , o risco de transferência de sedimentos para a coluna d'água na fase de implantação, a perda da cobertura vegetal, a redução de áreas de manguezais , destaca-se ainda o conflito com atividades sócio-econômicas existentes na região costeira.

São inúmeras as atividades sócio-econômicas existentes na região costeira, dentre as mais tradicionais: o turismo, a pesca, a agricultura, indústria, a navegação e mais recentemente a aquicultura. O direcionamento ou o re-direcionamento destes usos pode afetar diretamente as necessidades e aspirações das comunidades envolvidas.

A zona costeira abrange um espaço com fronteiras abertas entre a terra, a atmosfera, os oceanos e os corpos de água doce. O funcionamento do ambiente que ali se estabelecem é dinâmico, pois dominam interações interdependentes provocadas pelas variações climáticas, hidrológicas, oceanográficas e antrópicas (SEIFFERT et al., 2001).

O cultivo de camarões tem gerado uma série de debates, principalmente nos últimos anos em razão dos benefícios sociais e custos ambientais associados, criando controvérsias entre os países produtores e os importadores de camarão cultivado. A opinião pública tem sido influenciada pela alta lucratividade do setor contraposto com os impactos sociais e ambientais (BELTRAME, 2002).

Entre os principais aspectos divergentes está a modificação dos ecossistemas naturais, particularmente a supressão dos manguezais para dar lugar aos viveiros de produção. Também a salinização de águas subterrâneas, uso de terras agricultáveis, uso da farinha de peixe na fabricação de alimentos, poluição das águas costeiras, possíveis alterações da biodiversidade pela captura de pós-larvas da natureza e conflitos com comunidades locais, constituem pontos de divergência (PRESTON et al., 2002).

Os principais impactos ambientais da engorda de camarões relatados estão relacionados à instalação de fazendas em áreas de preservação permanente com alterações na paisagem, ao elevado consumo de água, ao lançamento de efluentes diretamente nos corpos de água, contribuindo para a eutrofização e contaminação da água (GESAMP, 1991).

Os impactos relacionados à localização das fazendas podem ser consideravelmente reduzidos com a realização de um zoneamento para identificação dos locais mais apropriados ao desenvolvimento da atividade (BELTRAME, 2003) e a utilização de sistemas de recirculação dos efluentes gerados, ocasionando uma redução no consumo de água e poluição dos recursos hídricos da região (GESAMP, 1991).

Além da adoção de técnicas de manejo menos impactantes, é necessária a condução de estudos que avaliem a capacidade de suporte da bacia hidrográfica em atender à demanda hídrica imposta pela atividade (SEIFFERT, 2003), bem como de diluição dos efluentes lançados pelo conjunto de fazendas, numa determinada região (NUNES, 2002; GESAMP, 1991).

Segundo Figueirêdo et al. (2006) a carcinicultura, como as demais atividades produtivas, provoca alterações no meio ambiente, mas que podem ser reduzidas a níveis compatíveis com a capacidade de suporte do meio, contribuindo para o desenvolvimento sustentável de uma região.

4.2 Direcionamento da atividade de carcinicultura

A FAO et al. (2006) com seu documento “ *International Principles for Responsible Shrimp Farming.*”, propõem uma série de orientações a serem seguidas no planejamento e execução de um projeto de carcinicultura. Segundo a localização, este documento coloca que as fazendas de carcinicultura devem estar de acordo com o planejamento e a legislação nacional e em locais ambientalmente apropriados, fazendo uso eficiente dos recursos terrestres e aquáticos de forma que conservem a biodiversidade, os habitats ecologicamente sensíveis e as funções do ecossistema, reconhecendo os demais usos da terra, e que outras pessoas e espécies dependem destes mesmos ecossistemas.

FAO et al. (2006) traz as seguintes orientações para implementação:

a- Construir novas fazendas de camarão acima da zona entre-marés.

b- Nenhuma perda de manguezais ou de outros habitats sensíveis em áreas úmidas.

c- Não implantar fazendas de camarão em solos arenosos ou em outras áreas onde o escoamento ou a descarga da água salgada poderá afetar terras agriculturáveis ou fontes de água doce.

d- Não implantar novas fazendas de camarão em áreas que já tiverem atingido a capacidade de suporte para o cultivo.

e- Manter zonas de amortecimento e corredores ecológicos entre fazendas entre outros usuários e habitats.

f- Obedecer ao uso de terra e a outras leis de planejamento territorial e de gerenciamento costeiro.

g- Aprimorar fazendas existentes em áreas entre-marés e em áreas de manguezal com a restauração do manguezal, inativando viveiros não produtivos e aumentando a produtividade de áreas restantes da fazenda acima da zona entre-marés.

Com a crescente intensidade e expansão das operações de carcinicultura evidenciada nos últimos anos, técnicas apropriadas de desenho e de construção devem ser utilizadas ao implantar novas fazendas de camarão. Para isto devem-se seguir as seguintes orientações:

a- Incorporar áreas de amortecimento, técnicas e práticas da engenharia que minimizam a erosão e a salinização de áreas circunvizinhas durante a construção e a operação da fazenda.

b- Minimizar o distúrbio de solos ácido-sulfatados durante a construção e a operação.

c- Conservar a biodiversidade e incentivar o restabelecimento de habitats naturais no projeto da fazenda.

d- Minimizar a criação de áreas degradadas tais como pilhas de solo não utilizadas e poços.

d- Projetar diques, canais e infra-estrutura de forma que não afete adversamente a hidrologia.

A nível nacional, com relação à concepção de projetos, o Código de Conduta e de Práticas de Manejo da ABCC (Associação Brasileira dos Criadores de Camarão) está fundamentado numa análise dos recursos naturais, que quando conduzidas segundo as especificações, podem evitar ou minimizar impactos ambientais e sociais, bem como aquelas que, embora não causem impactos, podem contribuir para melhorar as condições ambientais da área de influência das fazendas de camarão.

Em relação à preservação dos manguezais o Código de Conduta tem como objetivo (a) proteger as reservas naturais de manguezais tendo em vista a manutenção da qualidade de vida nos ambientes estuarinos

costeiros; e (b) contribuir para o fortalecimento da biodiversidade dos ecossistemas costeiros.

Ainda segundo o código de conduta:

a- A instalação e a operação da fazenda de camarão serão conduzidas de tal maneira que não interferirão nas atividades tradicionais de sobrevivência das comunidades locais que dependem dos ambientes estuarinos.

b- Na seleção das áreas deverão ser avaliadas as características hídricas, incluindo os níveis de marés e a influência da água doce, através de uma análise histórica da pluviometria e ocorrência de enchentes na região. O projeto da fazenda será ajustado dentro dessas características sem alterações para permitir acomodações do layout.

c- O histórico da exploração prévia da região onde será implantado o empreendimento deverá ser utilizado como subsídio para avaliação da água e do solo na exploração comercial do camarão.

d- As técnicas de construção deverão se fundamentar na prática de cortes e aterros, levando em consideração as necessidades de compactação ou adensamento, bem como de proteção dos diques com pedras, lonas plásticas e vegetação, de modo a minimizar o processo de erosão natural.

e- A infra-estrutura da fazenda e os caminhos de acesso internos e externos não deverão alterar o fluxo natural das águas nem contribuir para a salinização dos solos e mananciais dulciaquícolas.

f- As zonas cobertas com vegetação natural, adjacente aos viveiros, deverão ser mantidas como reserva ecológica, funcionando como biofiltros dos efluentes da fazenda. Os efluentes não serão transferidos a zonas de águas estagnadas, a não ser àquelas exclusivamente construídas e destinadas a tal fim.

g- O direcionamento dos efluentes dos viveiros para bacias de sedimentação ou bosques de manguezais deverá ser considerado na definição do layout.

h- As estruturas de adução e de drenagem dos viveiros serão construídas com os controles que permitam uso eficiente da água.

i- A área da fazenda deverá ficar completamente limpa ao final da construção, sem acúmulos de terra ou quaisquer outros materiais, bem como depósitos de resíduos ou lixos derivados do processo construtivo.

j- A área externa de bombeamento deverá estar cercada por filtros (telas) para evitar a entrada de competidores e predadores.

O programa estadual de cultivo de camarões em Santa Catarina é um exemplo de como os produtores, universidades e governo tentaram se organizar para o desenvolvimento sustentável da atividade da carcinicultura. Todas as ações técnicas, desde a implantação até a operação das fazendas eram criteriosamente discutidas entre as instituições que integram o programa, sempre na diretriz da sustentabilidade ambiental (FILHO, 2002).

4.3 Legislação ambiental aplicável

O conhecimento da legislação é fundamental para o controle da ocupação físico-espacial. Segundo Loch (1991) a legislação e a medição da realidade físico-espacial de uma determinada região são os subsídios básicos para preservação do meio ambiente.

A identificação e conseqüente demarcação espacial dos limites dos aspectos ambientais não é uma tarefa fácil, especialmente considerando as peculiaridades dos conceitos legais. Desta forma a identificação e delimitação de Áreas de Preservação Permanente (APPs) é uma tarefa que carece uma metodologia específica, podendo ser contundente quando une recursos técnicos de geoprocessamento, bases em escala adequada e legislação vigente.

A legislação ambiental utilizada neste trabalho restringe-se somente às Áreas de Preservação Permanente e leis constituídas que normalizam a atividades de criação de camarão no Brasil: Código Florestal Brasileiro e Resoluções CONAMA de interesse à atividade, conforme apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Legislação Ambiental

Lei/Resolução	Descrição
Lei 4771 de 1965, reformado em 1989 (BRASIL a, 2009)	Código Florestal Brasileiro
Resolução 302 de 20 de março de 2002 do CONAMA (MMA a, 2009)	Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno.
Resolução 303 de 20 de março de 2002 do CONAMA (MMA b, 2009)	Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.
Resolução 312 de 18 de Outubro de 2002 do CONAMA (MMA c, 2009)	Dispõe sobre o licenciamento ambiental dos empreendimentos de carcinicultura na zona costeira

Fonte: adaptado de MMA, 2002

Vale ressaltar que atividade de cultivo de camarões em Santa Catarina está enquadrada como atividade potencialmente poluidora e deve seguir os critérios de licenciamento estabelecidos pelo Decreto Estadual numero 14.250 de 05/06/81. É a instrução normativa número 11 da FATMA que enquadra as exigências necessárias para a implantação das unidades de produção de camarões marinhos. Complementadas pela nova resolução do CONAMA 312, que define as etapas necessárias ao enquadramento legal das unidades de produção.

4.3.1 Áreas de Preservação Permanente (APP)

A legislação ambiental em vigor considera 15 aspectos ambientais para a definição e delimitação de Áreas de Preservação

Permanente. Os Aspectos Ambientais considerados legalmente para instituição de APP são:

- I - em faixa marginal de curso d'água;*
- II - ao redor de nascente ou olho d'água, ainda que intermitente;*
- III - ao redor de lagos e lagoas naturais;*
- IV - em vereda e em faixa marginal;*
- V - no topo de morros e montanhas;*
- VI - nas linhas de cumeada;*
- VII - em encosta ou parte desta, com declividade;*
- VIII - nas escarpas e nas bordas dos tabuleiros e chapadas;*
- IX - nas restingas;*
- X - em manguezal, em toda a sua extensão;*
- XI - em duna;*
- XII - em altitude superior a mil e oitocentos metros, ou, em Estados que não tenham tais elevações, à critério do órgão ambiental competente;*
- XIII - nos locais de refúgio ou reprodução de aves migratórias;*
- XIV - nos locais de refúgio ou reprodução de exemplares da fauna ameaçadas de extinção que constem de lista elaborada pelo Poder Público Federal, Estadual ou Municipal;*
- XV - nas praias, em locais de nidificação e reprodução da fauna silvestre.*

Os aspectos ambientais relacionados pela Resolução CONAMA 303 podem ser agrupados em quatro macro categorias. A figura 1 apresenta o agrupamento básico proposto nas quatro categorias e os respectivos aspectos ambientais que compõe cada grupo.

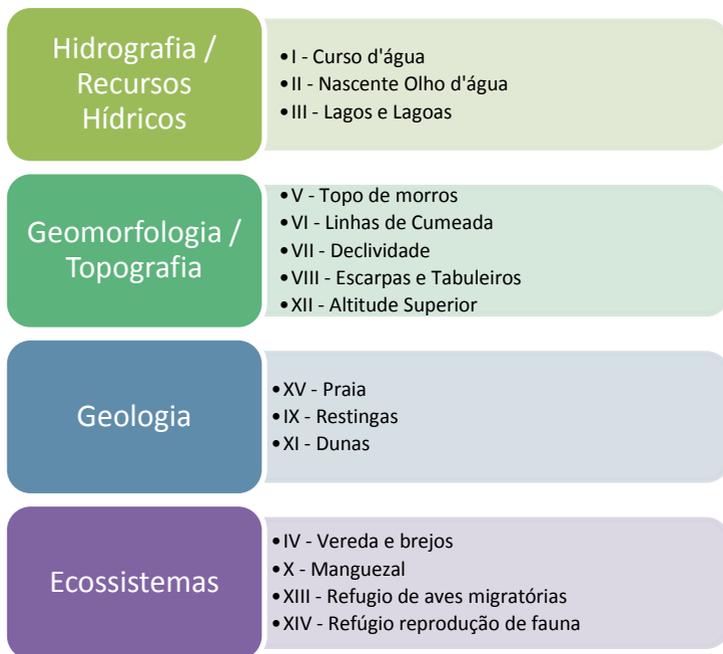


Figura 1 - Classificação de critérios para a delimitação de Áreas de Preservação Permanente, relacionados pela Resolução CONAMA 303

4.3.2 Reserva legal

A luz do código Florestal Brasileiro de 15 de setembro 1965:

Art 1. Reserva Legal: área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, excetuada a de preservação permanente, necessária ao uso sustentável dos recursos naturais, à conservação e reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção de fauna e flora nativas.

Art. 16. As florestas e outras formas de vegetação nativa, ressalvadas as situadas em área de preservação permanente, assim como aquelas não sujeitas ao regime de utilização limitada ou objeto de legislação específica, são suscetíveis de supressão, desde que sejam mantidas, a título de reserva legal, no mínimo: (Redação dada pela Medida Provisória nº 2.166-67, de 2001) (Regulamento)

I - oitenta por cento, na propriedade rural situada em área de floresta localizada na Amazônia Legal; (Incluído pela Medida Provisória nº 2.166-67, de 2001)

II - trinta e cinco por cento, na propriedade rural situada em área de cerrado localizada na Amazônia Legal, sendo no mínimo vinte por cento na propriedade e quinze por cento na forma de compensação em outra área, desde que esteja localizada na mesma microbacia, e seja averbada nos termos do § 7o deste artigo; (Incluído pela Medida Provisória nº 2.166-67, de 2001)

III - vinte por cento, na propriedade rural situada em área de floresta ou outras formas de vegetação nativa localizada nas demais regiões do País; e (Incluído pela Medida Provisória nº 2.166-67, de 2001)

IV - vinte por cento, na propriedade rural em área de campos gerais localizada em qualquer região do País.”

A Reserva Legal é a área de cada propriedade particular onde não é permitido o desmatamento (corte raso), podendo, porem, ser utilizada através de uso sustentável. Entende-se como uso sustentável a exploração do ambiente de maneira a garantir a perenidade dos recursos e dos processos ecológicos, de forma a manter a biodiversidade e a integridade dos ecossistemas. A Reserva Legal é uma área necessária à manutenção do equilíbrio ecológico das regiões do entorno e da manutenção dos recursos naturais.

A Reserva Legal é permanente e deve ser averbada em cartório, à margem do registro do imóvel. Esta área é discriminada a critério da autoridade florestal, em comum acordo com o proprietário, tanto em termos de localização e significância do remanescente florestal, como em termos de definição percentual.

4.3.3 Licenciamento ambiental dos empreendimentos

Resolução nº 312/2002, do CONAMA, que determina a forma de licenciamento para a exploração de carcinicultura, regulamentando, ainda, a adequação do licenciamento ambiental trás as seguintes considerações sobre a preservação dos ecossistemas e confecção dos projetos, a destacar:

Art. 2. É vedada a atividade de carcinicultura em manguezal.

Art. 14. Os projetos de carcinicultura, a critério do órgão licenciador, deverão observar, dentre outras medidas de tratamento e controle dos efluentes, a utilização das bacias de sedimentação como etapas intermediárias entre a circulação ou o deságue das águas servidas ou, quando necessário, a utilização da água em regime de recirculação.

4.4 Cadastro técnico multifinalitário e gestão territorial

O Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM), como um sistema de informação integrador de dados diversificados visando à satisfação das demandas de diferentes setores socioeconômicos, representa um sistema integrado de informação em uma determinada escala espacial (KARNAUKHOVA, 2000).

Para Loch (1998), o cadastro não pode ser meramente um conjunto de informações inseridas em um banco de dados ou dispostas pura e simplesmente na cartografia. Trata-se de um complexo sistema que integra a medição, a legislação e a economia.

Erba (2005) coloca que a maioria dos cadastros implementados atualmente nos diferentes níveis de governo ainda seguem os padrões dos primeiros cadastros, estruturados para tributação. Mas o surgimento de novos métodos de avaliação baseados em detalhes construtivos e a localização, forma e dimensões dos terrenos exigiram que as bases de dados sejam ampliadas. Grande parte dessas variáveis se obtém por meio de levantamentos topográficos, geodésicos e, ou, fotogramétricos e se registram em documentos cartográficos e bases alfanuméricas que conformam o Cadastro Geométrico (denominado de Cadastro Físico por alguns autores). Esses dados são de extremo valor também para os

grupos de planejamento, pois retrata a realidade de fato, a ocupação efetiva do território.

Loch e Erba (2007) afirmam que a gestão territorial precisa obrigatoriamente de um referencial geodésico e cartográfico, a qual permita que todos os demais produtos progressos e/ou futuros possam ser a ele correlacionados, por exemplo, através de software SIG.

O CTM é muito importante para o controle do meio ambiente e que, por estar fundamentado em diversas técnicas, deve ter o respaldo da legislação do uso e ocupação do solo para a sua concretização.

O uso das técnicas do Cadastro Técnico Multifinalitário e do Sistema de Informações Geográficas atualmente estão cada vez mais associados e são instrumentos imprescindíveis para a elaboração de um diagnóstico rápido e atualizado das principais informações de uso e ocupação do solo de uma determinada região (KARNAUKHOVA, 2000). A mesma autora coloca que sem a disponibilidade do cadastro geoambiental como base para a tomada de qualquer decisão quanto à ocupação e o planejamento do espaço físico torna-se cada vez mais difícil chegar a uma política de desenvolvimento sustentável de um território, considerando a preservação ambiental e a exploração racional dos seus recursos naturais.

Desta forma, por suas funções indispensáveis ao suporte do desenvolvimento econômico, o cadastro tornou-se um instrumento fundamental para ordenamento do espaço territorial. Uma das suas principais características é proporcionar o acompanhamento e controle temporal das atividades num determinado espaço (LOCH, 1993).

4.5 Sensoriamento remoto

De acordo com Loch (2001) sensoriamento remoto é a captação a distância de registros, dados e das informações das características da superfície terrestre sem o contato direto. Segundo Ramos e Loch (2004) a obtenção das informações necessárias para a avaliação e gerenciamento ambiental, por sua vez, terá mais confiabilidade quanto maior for o grau de conhecimento da área em questão. Esse conhecimento pode ser bastante facilitado com a utilização dos dados obtidos através do uso do sensoriamento remoto.

O sensoriamento remoto, como ferramenta do Cadastro Técnico Multifinalitário, é uma das tecnologias utilizadas em um projeto de gestão ambiental. Pode fornecer informações que, dependendo do

cruzamento com informações fornecidas por outras tecnologias, gerem a confecção de mapas e o monitoramento de alterações de recursos naturais, bem como a modelagem de impactos provenientes de decisões de gestão ambiental. Essas informações podem ser utilizadas por diferentes instituições, de acordo com a sua finalidade e seu modo de trabalho. Essas informações devem ser planejadas para atender a diferentes finalidades ainda durante o seu processo de geração.

O Sensoriamento Remoto através de fotos aéreas, imagens de satélite e mais atualmente a tecnologia ALS, tem comprovada utilidade na coleta de informações. Junto com o Sistema de Posicionamento Global (GPS) o Cadastro Técnico Multifinalitário incorporados aos SIGs – Sistemas de Informações Geográficas - atuam como ferramentas a orientar a tomadas de decisões que devem favorecer a preservação da capacidade de suporte de uma determinada área.

Neste contexto as informações fornecidas pelas técnicas de sensoriamento remoto são bastante úteis na elaboração de um inventário de uma área onde se deseja implantar uma unidade de produção de camarões marinhos. Segundo Costa et al. (2002) um inventário físico espacial de uma determinada área pode contemplar um diagnóstico das potencialidades, possibilidades, condições favoráveis, restrições, conflitos e problemas ambientais.

Nos últimos anos, inovações no sensoriamento remoto, como Airborne Laser Scanning aqui estudo, abriram novas possibilidades da aplicação de sensoriamento remoto para a solução de problemas de planejamento e gestão.

4.5.1 Airborne Laser Scanning (ALS)

4.5.1.1 A tecnologia

O ALS surge convenientemente na década de 90 com um novo princípio, o de varredura laser, capaz de gerar um modelo do terreno e da superfície. O termo "varredura laser" (laserscanning) está associado a técnica e o termo "varredor laser" (laserscanner) ao instrumento ou sistema.

Jonas e Byrne (2003) afirmam que os norte-americanos preferem o emprego do termo LiDAR acrônimo de "*Light Detection and Ranging*" ao termo "*Airborne Laser Scanning*" (ALS), usualmente empregado em outras partes do mundo.

Neste trabalho se estará usando o termo ALS (“*Airborne Laser Scanning*”) e também laser scanner associado a técnica estudada nesta pesquisa.

Segundo Fowler (2001) os três tipos de sistemas ALS existentes são : ALS topográficos, ALS batimétricos ou hidrográficos e os utilizados em estudos atmosféricos. Segundo Lillesand e Kiefer (2000) o LiDAR topográfico é um sistema ativo que envolve o uso de uma radiação laser emitida em direção à superfície do terreno e que tem por objetivo a determinação das elevações desta superfície.

4.5.1.2 Aplicações

Em muitos países, a tecnologia ALS tem encontrado possibilidades de grande variedade de aplicações. Ela traz benefícios para fins de planejamento, projeto, inspeção e manutenção de trabalhos de infra-estrutura.

O Mapeamento topográfico, avaliação e análise ambiental estão dentre as aplicações mais comuns para os produtos provenientes do emprego da técnica ALS.

Baltasavias (1999a) coloca que o mapeamento de áreas cobertas por vegetação, geração de modelos digitais de terreno, modelos digitais de elevação, estratificação vegetal, estimativas de biomassa; o mapeamento de corredores: estradas, linhas de transmissão, monitoramento de zonas costeiras, mapeamento de rios; mapeamento de áreas inundáveis e modelos digitais de elevação para áreas urbanas são exemplos de aplicação da tecnologia ALS. Outras aplicações incluem ainda pesquisas recentes na área da exploração mineral e da arqueologia (mapeamento de ruínas).

4.5.1.3 Comparação com outras técnicas

Vantagens e desvantagens são apresentadas ao emprego da tecnologia ALS, assim como o de qualquer outra técnica. Normalmente, as vantagens e desvantagens enumeradas para uma determinada técnica são resultado de uma análise comparativa entre esta e outras técnicas que, apesar de distintas, são capazes de gerar produtos considerados similares (BRANDALIZE, 2004).

Para Petrie (2000) as câmaras aerofotogramétricas convencionais (analógicas) são responsáveis por quase todo mapeamento topográfico

executado no mundo. Quando comparada com tecnologia ALS, a aerofotogrametria opera sensores passivos que obtêm somente imagens (fotográficas ou digitais) da superfície do terreno. A partir de levantamentos terrestres e do processamento destas imagens é possível obter modelos digitais semelhantes aos obtidos pelo ALS.

A IFSAR (interferometria por radar) aerotransportada, usada como técnica para a geração de modelos digitais, apresenta-se mais recente e de uso mais restrito que a realizada por meio da técnica ALS.

A tecnologia ALS encontra-se adequada para a cobertura de faixas estreitas do terreno, não possui restrições em coberturas de áreas de vegetação densa bem como em áreas costeiras podendo ser integrado aos dados obtidos por outras técnicas. Outra vantagem apontada ao ALS é a rapidez com que os dados são coletados e processados.

Estudos realizados por Rivas e Silva Brito (2003) na comparação feita entre os dados obtidos com o sensor laser e dados coletados no terreno com apoio do sistema GPS, evidenciam o alto nível de confiabilidade e precisão alcançado pelo sistema de varredura laser.

Embora a tecnologia ALS seja concorrente em certa medida com fotogrametria, podendo substituí-la em certos casos, as duas tecnologias são bastante complementares e sua integração pode levar a produtos mais precisos e completos, e abrir novas áreas de aplicação (BALTSAVIAS, 1999a).

4.5.1.4 ALS e o planejamento costeiro

Segundo Baltsavias (1999a) o uso desta tecnologia para medir características de superfície e propriedades da paisagem se deu principalmente pelas atividades de pesquisa do Instituto de Fotogrametria da Universidade de Stuttgart, pelo Prof. F. Ackermann em 1988. Desde o final da década passada o interesse pelo ALS tem aumentado fortemente.

Baltsavias (1999b) afirma que em 1996 havia só uma companhia vendendo sistemas de ALS comerciais e os provedores de serviço poderiam ser contados com os dedos de uma mão. Hoje, há vários fabricantes de sistemas completos ou componentes de ALS, enquanto o número de empresas que provêem serviços saltou exponencialmente no nível mundial.

Este recente desenvolvimento da tecnologia ALS tem se tornado uma importante fonte de dados para aplicações de planejamento e gestão

ambiental nas zonas costeiras. Incluindo medidas de batimetria (GUENTHER et al., 2000), dinâmica de onda do mar (HWANG et al., 2000), determinação de modelos de terreno em áreas arborizadas (KRAUS e PFEIFER, 1998) estudo da geomorfologia das áreas de marés (LOHANI e MASON , 2001) e morfologia de duna (RANGO et al., 2000).

Vários autores tem se dedicado a estar avaliando esta nova tecnologia em aplicação em áreas costeiras, principalmente em estudos visando o gerenciamento ambiental. Brandalize (2004) coloca que Flood (2000) se dedicou ao estudo da aplicação da técnica ALS no gerenciamento de zonas costeiras. Populus et al. (2001) discutiram os resultados obtidos em levantamentos realizados, sobre áreas costeiras, empregando a técnica ALS. Estudos posteriores realizados em 2004, por este mesmo autor, demonstra o emprego da técnica ALS na determinação do relevo e no mapeamento da biodiversidade de áreas costeiras. Van de kraats (1999) avaliou a elevação da zona costeira utilizando técnicas ALS.

A altimetria através do laser scanner é a ferramenta ideal para obter a terceira dimensão para propósitos de cartografia topográfica. Sua habilidade para transpor a vegetação permite a determinação precisa de elevação de chão até mesmo dentro de uma densa vegetação, enquanto reduz os custos e esforço de tempo por traçar as curvas topográficas.

Através dos produtos oriundos do levantamento laser scanner tem-se a possibilidade de gerar mapas tridimensionais acurados e atualizados para otimização de projetos e processos de construção (DALMOLIN e SANTOS, 2004). Os produtos gerados pelo ALS como MDTs (Modelos digitais do terreno) e MDEs (Modelos Digitais de elevação) de alta resolução provêm dados do terreno que podem servir como suporte a análises de características de interesse em projetos tais como declividade, aspecto topográfico e outras características de forma da terra.

Tendo como base o MDT, os projetos em fase de concepção e implantação podem ser modelados e testados em um ambiente virtual antes da construção. É possível ainda combinar o projeto e o modelo do terreno para criar uma visualização do impacto de projetos de carcinicultura no ambiente em que serão implantados.

4.6 Modelagem computacional de terreno

Os Modelos Digitais de Terreno (MDT) são representações matemáticas da distribuição espacial de uma determinada característica vinculada a uma porção da superfície terrestre (INPE, 1998). São efetuados a partir de algoritmos e de um conjunto de pontos (x, y, z).

A criação de um modelo numérico de terreno corresponde a uma nova maneira de focar o problema da elaboração e implantação de projetos. A partir dos modelos pode-se calcular diretamente volumes, áreas, desenhar perfis e seções transversais, gerar imagens sombreadas ou em níveis de cinza, gerar mapas de declividade e aspecto, gerar fatiamentos nos intervalos desejados e perspectivas tridimensionais (FELGUEIRAS, 2009)

As aplicações dos modelos de terreno são variadas: permitem traçar curvas de nível mediante interpolação ou pela interseção de um plano horizontal com uma superfície definida matematicamente (ALLAM, 1978); escolha dos percursos mais convenientes para estradas, permitindo levar em consideração fatores ambientais e cênicos; podem ser usados para calcular volumes de terra a serem removidos para o traçado de estradas e volumes de água contidos em reservatórios; podem ser usados em análise de variáveis geofísicas e geoquímicas; e de exposição para apoio e análises de geomorfologia e erodibilidade. Schäfer (2004) utilizou o MDT oriundo de produtos fotogramétricos e do sensor ALS no estudo de anteprojeto do projeto final de construção da rodovia.

Aspiazú et. al. (1990) afirma que com relação aos recursos naturais, as aplicações estão constituídas, essencialmente, por análises topográficas. A análise de declividades permite determinar as condições de acesso a regiões potencialmente aptas para alguma finalidade. Os modelos digitais permitem também analisar a visibilidade que uma cena terá a um observador situado numa dada posição topográfica.

As estruturas de dados de modelos digitais de terreno mais utilizados na prática são: os modelos de grade regular e os modelos de malha triangular. Pode-se referir a uma malha triangular por meio do anglicismo TIN, iniciais do termo inglês *triangulated irregular network* (FELGUEIRAS, 2009).

Os TINs podem acomodar tanto dados irregularmente distribuídos como conjunto de dados selecionados, tornando possível representar uma superfície complexa e irregular com uma pequena

quantidade de dados. Assim, o número de redundâncias é bastante reduzido comparado com a grade retangular, uma vez que a malha é mais fina em regiões de grandes variações e mais espaçada em regiões quase planas. As descontinuidades da superfície podem ser modeladas através de linhas e pontos característicos (PETRIE e KENNIE, 1987; apud NAMIKAWA et al. , 2003).

O avanço da computação gráfica, das tecnologias de imageamento e o paralelo desenvolvimento de softwares têm impulsionado a aplicação de modelagem de terreno. Segundo Schäfer (2004) ao mesmo tempo existe um vasto aumento na velocidade com que os dados sobre a superfície de terreno podem ser adquiridos, devido ao desenvolvimento de teodolitos eletrônicos e equipamentos de medida de distância para levantamento de campo, instrumentação fotogramétrica analítica e automática para levantamentos aéreos, métodos baseados em tecnologia digital de extração de informação de mapas existentes e mais recentemente a tecnologia ALS.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Documentos cartográficos

As fontes de dados vetoriais utilizadas (bases cartográficas em meio digital) nesta pesquisa foram:

1 - Disponibilizadas pela EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – Base cartográfica do estado de Santa Catarina. Escala 1:50.000, obtidas por convênio de cooperação técnica IBGE/EPAGRI, disponibilizados no formato *.SHP* (*Shapefile*).

2 - Secretaria do Patrimônio da União - Linha de preamar média de 1831. Realizada pela empresa Aeroimagem S/A no ano de 1996, disponibilizadas na escala 1:2.000 .

3 - Base cartográfica de Joinville – realizada pela empresa Aeroimagem S/A no ano de 2007, disponibilizadas na escala 1:5.000.

4 - Arquivo de pontos laser scanner, realizado em 2007 no município de Joinville pela empresa Aeroimagem S/A e cedidos pela prefeitura municipal de Joinville.

5.2 Hardware e Software

Para a realização do trabalho, relacionado a hardwares e softwares, foram utilizadas as dependências do Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (LABFSG) da UFSC. Os softwares utilizados foram:

- a) Microsoft Windows XP: Sistema operacional e interface de suporte para todos os outros programas;
- b) MicroStation V8 (Bentley): Interface CAD;
- c) AutoCad 3D Civil (Autodesk): Ambiente para vetorização;
- d) ArcGIS 9.2 (ESRI): Modulo de análise dos dados.

5.3 Método

5.3.1 Estruturação do método

As principais etapas para do desenvolvimento metodológico deste trabalho são mostrados na figura 2:

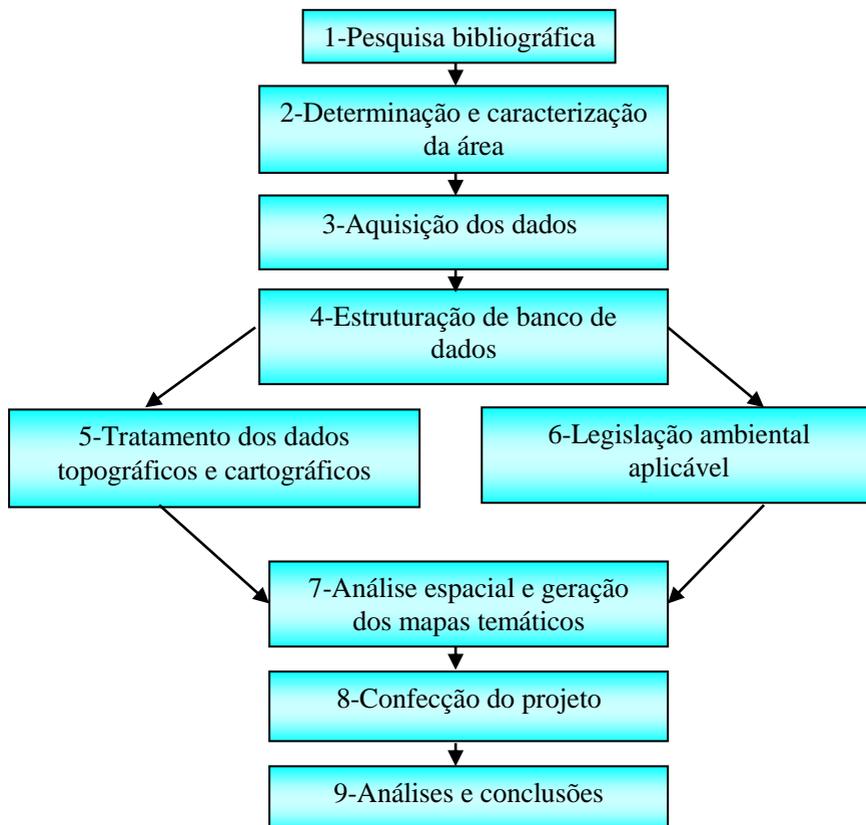


Figura 2 - Metodologia aplicada

1 - Pesquisa bibliográfica: Correspondeu à pesquisa de livros, artigos e publicações relativos ao tema aqui pesquisado, na busca de embasamento técnico e científico.

2 - Determinação e caracterização da área de estudo: A escolha deu-se em função da documentação disponível nas bases cartográficas, levantamentos ALS disponibilizados e potencialidade para implantação de um projeto aquícola.

3 - Aquisição de dados: Esta etapa consistiu-se na obtenção de dados ALS, bases cartográficas e imagens aéreas junto às empresas que realizam estes levantamentos, como também a órgãos públicos que disponibilizam estes dados.

4 - Estruturação de banco de dados: Criação de um banco de dados preparado para armazenar, consultar e manipular as informações geográficas. Sendo que o objetivo é integrar todos os dados geográficos criados e trabalhados em um único ambiente com maior controle sobre os mesmos.

5 - Tratamento dos dados topográficos e cartográficos: Nesta etapa os dados ALS, bases cartográficas, imagens aéreas e outros levantamentos de interesse foram trabalhados a fim de estarem aptos ao objetivo deste estudo.

6 - Legislação ambiental aplicável: Buscou-se aqui os parâmetros, com base na revisão bibliográfica, definições e limites fornecidos pela legislação ambiental estudada averiguando quais leis ambientais atuam sobre determinado espaço e a delimitação das áreas de abrangência de tais leis.

7 - Análise espacial e edição dos mapas temáticos – Foi utilizado o ArcGIS 9.2 para as operações de análises espaciais e edição dos mapas temáticos. O ArcGIS provê uma base computacional para implementação de SIG.

8 - Confeção do projeto: Constituiu-se na construção do plano temático de informação (PTI).

9 - Análises e conclusões: A análise realizada baseou-se nas características físicas e ambientais da área de estudo. Em função das características observadas nas análises geraram-se conclusões das potencialidades dos produtos do sensor laser scanner no planejamento e concepção de projetos de carcinicultura marinha.

5.4 Determinação e caracterização da área

Mesmo que o emprego da tecnologia laser scanner não constitui uma novidade, não foi possível, neste trabalho, a obtenção de dados para a realização de um estudo de caso, ou seja, uma área a ser usada em projetos de aquicultura. Partiu-se para o estudo de uma área com características ideais condizentes com o objetivo do estudo. Foi escolhida uma área hipoteticamente com características ideais para implantação de um projeto aquícola. A escolha deu-se em função da documentação disponível nas bases cartográficas, levantamentos ALS disponibilizados e potencialidade para implantação de um projeto aquícola.

A área aqui escolhida está situada as margens da Baía da Babitonga, mais precisamente no município de Joinville – SC (figura 3). O complexo estuarino da Baía da Babitonga é uma das maiores formações de águas mixohalinas do litoral sul Brasileiro e a região de maior concentração de manguezais do Estado de Santa Catarina. Este complexo é formado, além do corpo principal, pelo Canal do Palmital e pelo Canal do Linguado (OLIVEIRA, 2000).

A Baía da Babitonga está situada ao norte do litoral catarinense, entre as coordenadas geográficas de 26°02' - 26°28' S e 48°28' - 48°50' W. com uma superfície de 130 Km² e profundidade média de 6m. Confronta-se com os Municípios de Joinville, Araquari, São Francisco do Sul, Barra do Sul, Itapoá e Garuva (IBAMA, 1998).

A área estudada, com 92,4 ha, encontra-se inserida no perímetro urbano de Joinville, cercada de mangue e banhada pelo Rio Velho que é contribuinte da Baía da Babitonga. Estas características são importantes para o objetivo do estudo, pois está em uma área de conflitos e suscetível a restrições legais de uso.

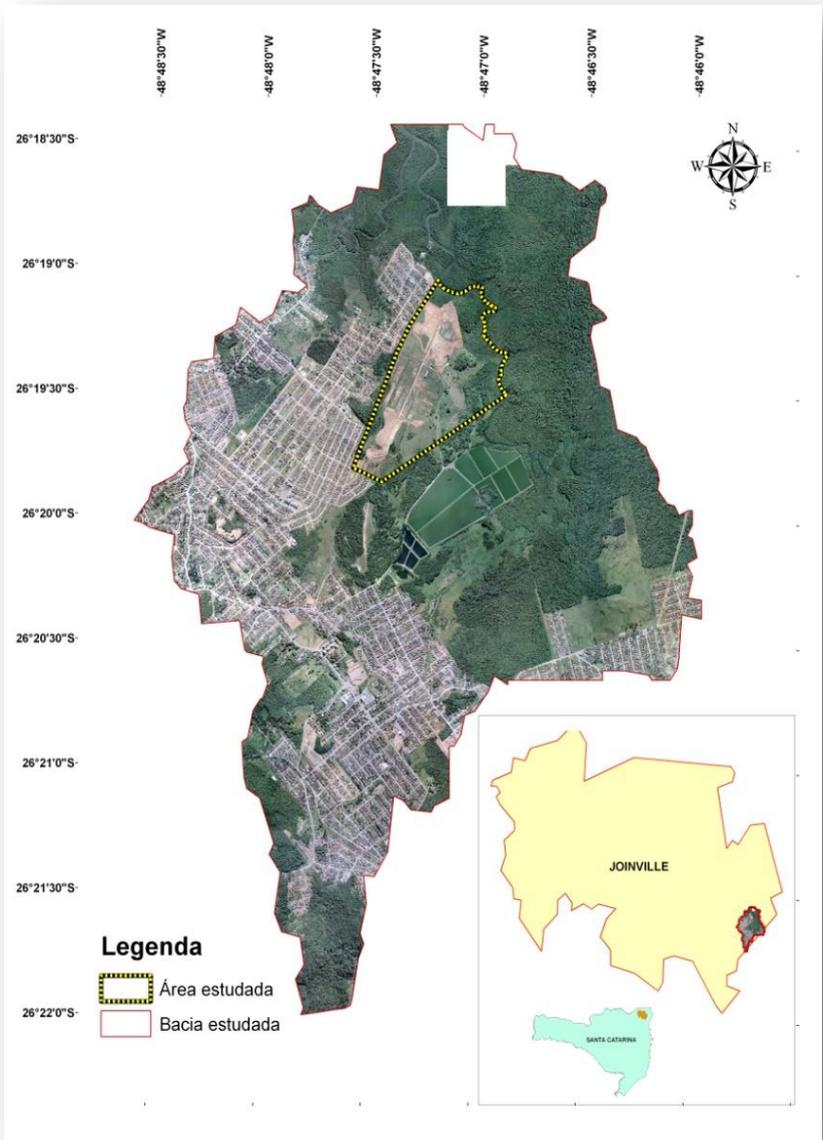


Figura 3 - Localização da bacia hidrográfica: Em destaque área de estudo

5.5 Aquisição dos dados: Dados ALS

Os dados de levantamentos ALS estudados nesta pesquisa foram obtidos pela empresa Aeroimagem S/A, com sede em Curitiba-PR, para a Prefeitura Municipal de Joinville-SC. Os dados foram cedidos com o intuito de incentivar a pesquisa e ampliar o conhecimento dos pesquisadores e profissionais da área de engenharia quanto ao atual emprego da tecnologia ALS. O sistema utilizado pela empresa Aeroimagem é o ALS60 que opera com frequência de 200kHz, com tecnologia multipulso - ou MPiA - Multiple Pulses in Air .

Os dados fornecidos constituíram uma nuvem de pontos com coordenadas tridimensionais no sistema de coordenadas planas : UTM (fuso 22S) , Datum Horizontal SAD69, distribuídos de forma regular na superfície do terreno. Compreenderam $\pm 294.500.000$ de pontos.

Os dados encontravam-se no formato ASCII em um arquivo contendo três colunas representando X, Y e Z (figura 4), já tratados, representando o MDT (Modelo Digital de Terreno).

O Tratamento dos dados laser scanner é realizado em três etapas principais: filtragem, classificação e edição manual da nuvem de pontos. Estas etapas são realizadas para diferenciar quais informações correspondem ao relevo ou a qualquer outro fenômeno geográfico ou objeto presente na superfície estudada.



The image shows a screenshot of a text editor window titled "11-33 - Bloco de notas". The window has a menu bar with "Arquivo", "Editar", "Formatar", "Exibir", and "Ajuda". The main text area contains three columns of data representing X, Y, and Z coordinates. The data is as follows:

719848.000	7083198.000	24.370
719850.000	7083198.000	23.640
719852.000	7083198.000	23.590

Figura 4 - Dados laser scanner tridimensionais (X, Y e Z), disponibilizados no formato ASCII

5.6 Banco de dados geográfico

Os dados, aqui trabalhados, foram importados para um banco de dados geográficos ou *geodatabase*. Essa estrutura do banco de dados, disponível no programa ArcGIS 9.2, armazena todas as informações em um mesmo sistema de projeção, facilitando a limpeza topológica entre os dados e permitindo a relação espacial dos mesmos. A estrutura do banco de dados é do tipo “personal” que é armazenada no formato MS Access. Para o desenvolvimento deste trabalho utilizou-se o ArcCatalog, sistema integrante do ArcGIS, para a criação e estruturação da “*personal geodatabase*”.

Na *geodatabase* foi possível serem incluídas as informações espaciais e dados alfanuméricos dispostos em diferentes entidades, observados a seguir:

- _ “*Feature*” (feição) - Classe de objetos com campo de tipo geometria (pontos, linhas, polígonos, etc.);
- _ “*Feature dataset*”: - Conjunto de feições que compartilharam a mesma referencia espacial.

5.7 Importação dos dados ALS

Esta rotina teve a função de importar os dados ASCII tridimensionais X, Y e Z para o ambiente do AutoCAD. As coordenadas do arquivo de entrada foram inseridas no ambiente como entidade ponto.

Estes arquivos foram exportados para uma *geodatabase* no formato *Shapefile* com sistema de coordenadas planas: UTM (fuso 22S), Datum Horizontal *SAD69*.

Para execução desta tarefa foi adquirido o programa **xyzdwg.2007.exe**, desenvolvido pela Esteio Engenharia e Aerolevantamentos S.A disponibilizado sem custo para download no site da empresa (ESTEIO S.A, 2009).

5.8 Levantamento do uso atual da terra utilizando fotointerpretação

A expressão “uso atual da terra” pode ser entendida como a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem. O levantamento do uso da terra em determinada área tornou-se fundamental para quantificar e entender os padrões de organização da atividade humana sobre o espaço (DALE e MCLAUGHLIN, 1990).

Os levantamentos do uso atual foram baseados em características geográficas que puderam ser identificadas por fotointerpretação (sem estereoscopia) de imagens coloridas.

Nesta etapa realizou-se uma fotointerpretação preliminar no mosaico de ortofotos. Inicialmente importou-se o mosaico de ortofotos para o programa ArcGIS, analisando-o com o auxílio das ferramentas de zoom do programa. Com auxílio da ferramenta *Editar* delimitou-se as áreas com distintos aspectos de uso da terra. As classes foram divididas nos seguintes temas: área urbana, pastagem, solo exposto e vegetação de mangue.

5.9 Análise espacial e edição dos mapas temáticos

Para esta etapa de trabalho optou-se pela ferramenta “*Modelbuilder*”, integrante do programa ArcGIS 9.2. Esta ferramenta permite a criação de um modelo lógico de execução de tarefas de acordo com o objetivo pretendido. É uma ferramenta importante na geração dos mapas temáticos de apoio as análises.

Os principais mapas temáticos gerados foram: Uso atual da terra e restrições legais, hipsometria, declividade, bacia hidrográfica, hierarquia fluvial e maré sigizia e quadratura máxima.

A figura 5, a seguir, mostra o modelo criado para análise da bacia hidrográfica e hierarquia fluvial.

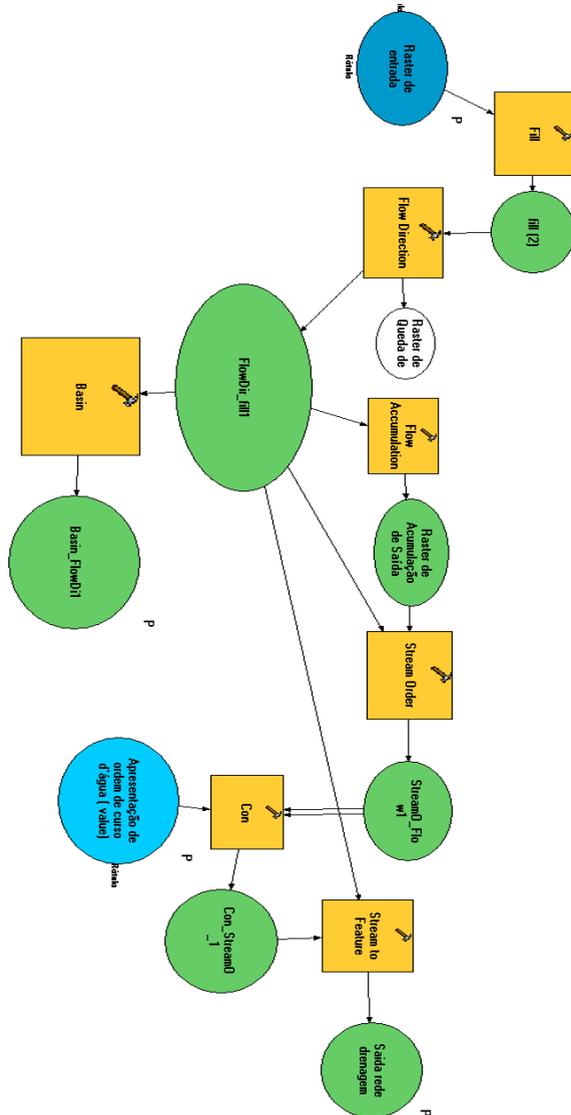


Figura 5 - Exemplo do modelo criado para a geração de bacia hidrográfica e hierarquia fluvial

5.10 Geração da superfície do terreno através de *Triangulated Irregular Network* (TIN)

A geração da superfície do terreno correspondeu à criação de um conjunto de superfícies de faces triangulares planas designada de TIN (*Triangular Irregular Network*).

Nesta estrutura os segmentos foram definidos como bordas de triângulos que compõe o TIN (SCHAFER e LOCH, 2005). Neste modelo composto por grades triangulares, os pontos cotados formam os vértices dos triângulos e estes formam a malha na forma vetorial.

O método adotado na construção do TIN foi o da triangulação de Delaunay. Esta triangulação tem a propriedade de que os círculos que circunscrevem cada triângulo não contêm nenhum vértice de outro triângulo (Figura 6).

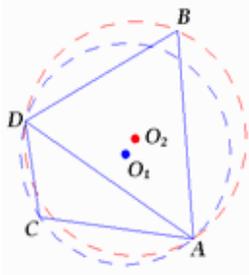


Figura 6 - Triangulação de Delaunay

5.11 Geração do modelo de dados raster

O TIN possui informações de altimetria, declividade e georreferenciamento. Porém, o software ArcGis 9.2 possui a limitação de conseguir realizar análises criteriosas nesta superfície em função de sua irregularidade. Portanto, foi necessário converter o TIN em uma malha regular de pontos no formato raster, na qual a superfície foi transformada em uma imagem com atributos altimétricos.

O modelo de dados raster foi gerado através do software ArcGis 9.2, extensão “*Spatial Analyst*”, onde foram inseridos os arquivos TIN. O modelo de interpolação utilizado foi o de vizinhos naturais “*natural neighbors*”. O tipo de dados do raster de saída foi definido preservando as casa decimais. A figura 7 apresenta a geração de dados raster a partir de *Triangular Irregular Network*.

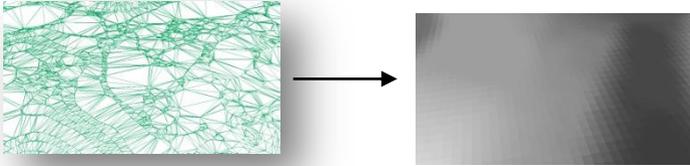


Figura 7 - Geração do modelo de dados raster

Os modelos de dados raster representaram a superfície a partir de uma matriz (grade raster) na qual cada célula possui um valor qualificador da propriedade representada.

5.12 Extração da rede de drenagem e delimitação da bacia hidrográfica

A etapa de extração automática da rede de drenagem foi executada com base nos modelos de dados raster com utilização da ferramenta “*Spatial Analyst*” do ArcGis 9.2 , obedecendo os seguintes procedimentos:

1) aplicação do comando “*fill*”, que confere a consistência da drenagem, eliminando possíveis áreas de sumidouros que ocasionam retenção de fluxo;

2) cálculo da direção de fluxo (*flow direction*), o método utilizado pelo software é descrito por Jenson e Domingue (1988). A direção do fluxo é determinada pela direção do gradiente de cada célula.

3) obtenção do raster com acumulação de fluxos. Neste, as células com alta acumulação de fluxo são áreas de fluxo concentrado e podem ser usadas para identificar canais dos córregos. Células com o fluxo de acumulação igual a zero são locais topograficamente altos e podem ser usados para identificar cumes. O método utilizado é descrito por Jenson e Domingue (1988).

A figura 8, a seguir, ilustra de forma resumida os procedimentos utilizados para a extração automática da rede de drenagem.

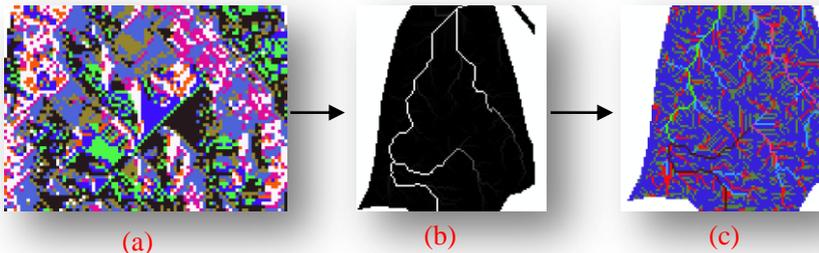


Figura 8 - (a) raster direção de fluxo, (b) raster acumulação de fluxos, (c) segmentação de rede de drenagem

4) segmentação de rede de drenagem: Para isto adotou-se a proposta de Arthur N. Strahler de 1952 (SIMONI, 2005). Esta classificação diz que os menores canais, sem tributários, são considerados de primeira ordem, estendendo-se da nascente até a confluência, a união de dois canais de primeira ordem origina um de segunda ordem, por sua vez da união de dois canais de segunda ordem surge um de terceira e assim sucessivamente.

5) conversão da rede de drenagem na forma matricial em vetorial;

O resultado da aplicação destes procedimentos é a geração de linhas de drenagem no formato *shapefile* (figura 9).

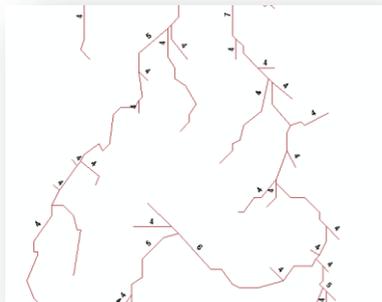


Figura 9 - Resultado final – rede de drenagem em *shapefile*

A etapa de delimitação da bacia hidrográfica foi executada com base no raster de direção de fluxo. Foi utilizada a ferramenta “*Basin*” do “*Spatial Analyst*” (ArcGis 9.2). Para se obter um melhor resultado , quando da obtenção do raster com acumulação de fluxo, foi utilizado o comando de forçar a saída de fluxo em todas as células.

5.13 Confeção do projeto

5.13.1 Definição dos critérios para escolha da área destinada ao projeto

As características até aqui levadas em consideração constituíram o plano temático de informação (PTI) da área de abrangência, armazenados em uma *geodatabase*, que posteriormente foram relacionadas através do uso do *modelbuilder* do ArcGIS 9.2.

Topografia

O PTI de interesse constituído pela topografia foi formado pelas áreas com altimetria inferior a 8,5 metros e áreas supra marés (cotas altimétricas maiores ou com pouca influencia da maré). Também, adotou-se neste trabalho como áreas viáveis aquelas que apresentam topografia com declividades inferiores a 8 % (suave ondulado) (MOREIRA e LIMA, 1977).

Vegetação e uso do solo

Os polígonos obtidos na fotointerpretação de uso e ocupação do solo foram transformados de vetor para imagem raster, atribuindo-se o valor 1 para os pixels formados pelas áreas com potencial de uso e valor 0 para as áreas classificadas como impróprias.

Restrições legais

Os mapas temáticos confeccionados, segundo a legislação ambiental vigente, serviram de suporte para análise. Estabelecendo, assim, as áreas definidas como de preservação permanente bem como outras áreas de interesse ambiental.

5.13.2 Projeto técnico

A confecção do projeto técnico teve o intuito de apresentar os tópicos relevantes que devem fazer parte do corpo no estudo de implantação de um empreendimento de carcinicultura marinha. Também apresenta critérios técnicos usados para confecção do layout utilizado como referência neste estudo.

Foi elaborado em dois capítulos, disponibilizados em anexo:

Capítulo I – localização do Investimento e Objetivos.

Capítulo II – Processo Tecnológico.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Potencialidades da técnica do laser scanner para a carcinicultura

O uso dos dados provenientes do ALS para medir características de superfície e propriedades da paisagem tem aumentado fortemente à nível mundial. Notou-se neste trabalho que esta tecnologia torna-se uma importante fonte de dados, através da sua precisão posicional, para aplicações de planejamento e gestão ambiental nas zonas costeiras, quando da sua avaliação no planejamento e concepção de projetos de carcinicultura marinha. Como apresentado a seguir:

6.1.1 Modelo Digital do Terreno (MDT)

O MDT disponibilizado pela nuvem de pontos da varredura laser constitui-se em uma importante fonte de dados usados para análise geográfica (figura 10). Fornecendo dados que podem indicar a localização mais adequada para uma unidade de produção em carcinicultura marinha, tanto na área ambiental quanto no projeto de engenharia.

O MDT permitiu aplicações na confecção de diversos mapas temáticos tendo como objetivo a gestão ambiental: Bacia hidrográfica, mapas de declividade, hipsometria, rede de drenagem e outros.

O resultado, aqui obtido, da modelagem topográfica com os pontos derivados do laser scanner com alta densidade de pontos é de particular importância, pois forma a base para o projeto de engenharia e modelagem do mesmo. Podendo, assim, ser usado na determinação de volumes de corte e aterro. É possível, também, combinar o projeto e o modelo do terreno para criar uma visualização do impacto de projetos de engenharia no ambiente em que serão inseridos.

O MDT pode ser construído de várias maneiras: como informações retiradas a partir de curvas de nível e pontos cotados oriundos de cartas topográficas digitais. Vale ressaltar que dependendo da escala da carta essas informações são insuficientes para representar adequadamente o relevo em ambiente virtual com uma qualidade mínima, tornando o MDT inconsistente para determinadas aplicações, como observados por Simoni (2005).

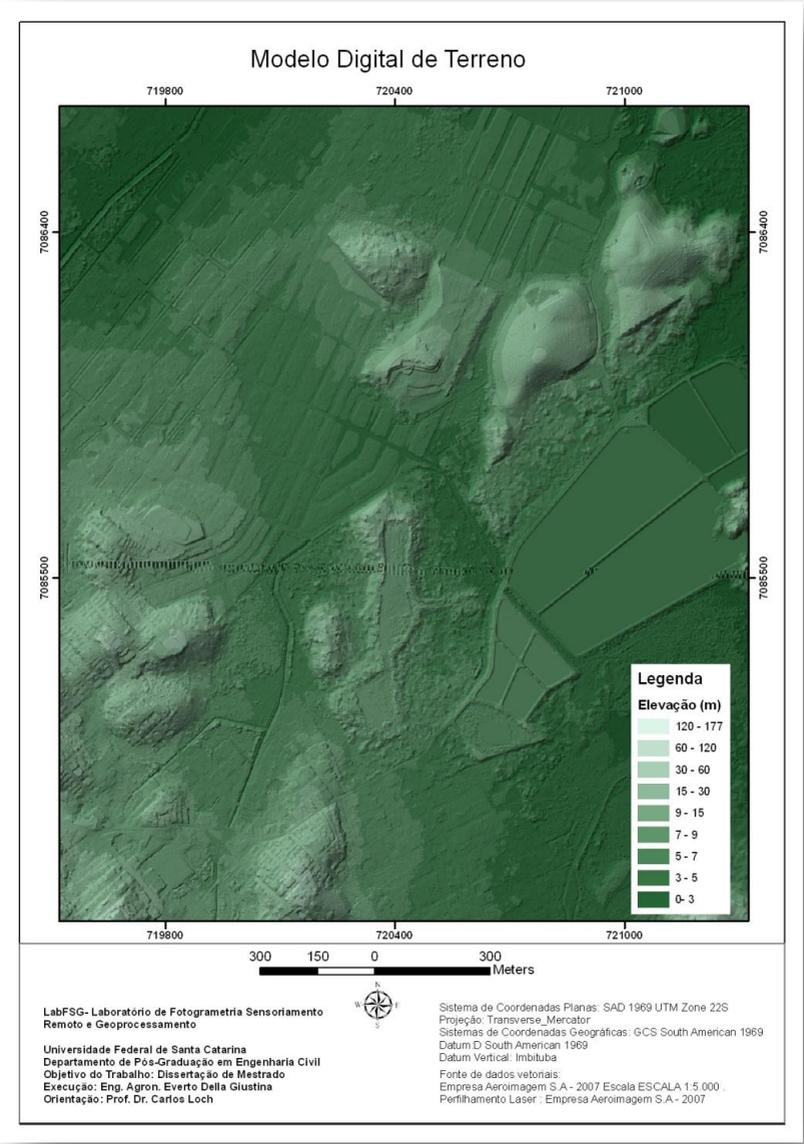


Figura 10 - Modelo digital de terreno (MDT) oriundo dos dados ALS

Para a construção de um MDT é necessário que os dados sejam adquiridos a partir de um mapeamento planialtimétrico, compatível com o nível de detalhe que se deseja obter. Em projetos de unidade de produção em carcinicultura marinha um levantamento detalhado é necessário devido ao nível de precisão planimétrica e altimétrica. Experiência de campo tem mostrado que erros de 20 cm na altimetria têm levado a problemas de drenagem e abastecimento de viveiros.

A precisão do sistema ALS é de 15 cm na altimetria e 50 cm na planimetria (ZANDONÁ et al, 2005; SCHIMALESKY e CENTENO, 2008). Com estes dados é possível gerar Modelos Digitais de Terreno - MDT densos e precisos. Devido a densidade de pontos este levantamento atende as necessidades de detalhamento para a confecção de projetos de unidade de produção em carcinicultura marinha.

Outra vantagem que os sistemas de mapeamento a Laser oferecem é a habilidade de medir diretamente pontos no terreno em áreas de florestas. Em alguns locais, em função da grande quantidade de vegetação há uma dificuldade de se determinar, com a utilização das tecnologias tradicionais, o melhor ponto para de captação e drenagem da água nos projetos de carcinicultura marinha.

Com o intuito de comparar os MDTs gerados através da estrutura TIN, que descrevesse de forma mais aproximada possível a superfície real da área de estudo, foram avaliados e posteriormente comparados visualmente dois MDTs: (1) a partir das curvas de nível da restituição aerofotogramétrica, (2) a partir dos pontos laser scanner.

A figura 11 ilustra a representação do terreno de parte da área de estudo obtido a partir de pontos derivados do laser scanner. Uma das principais características deste MDT é a boa representação devido à alta densidade de pontos do laser scanner.

A representação do terreno na figura 12, onde o MDT foi gerado a partir de informações de curvas de nível com equidistância de 1 m, obtidas da base cartográfica, apresentou um detalhamento da superfície inferior ao detalhamento apresentado na figura 11.

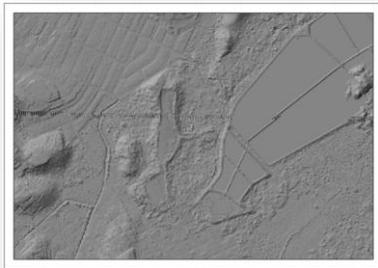


Figura 11- MDT gerado a partir dos pontos laser scanner

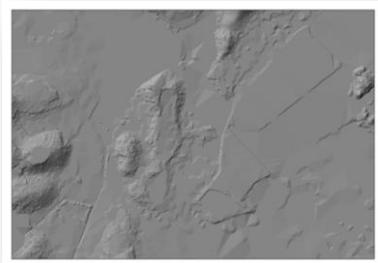


Figura 12 - MDT gerado a partir das curvas de nível da restituição aerofotogramétrica escala 1:5.000

6.1.2 Análise ambiental

6.1.2.1 Bacia hidrográfica

Para a implantação das unidades de produção de camarões marinhos é imprescindível um conhecimento prévio das características das áreas que compõem a bacia hidrográfica. Características como sua delimitação, rede de drenagem (inserção na bacia hidrográfica), facilidade para captação da água e restrições legais. Os MDTs obtidos através dos dados laser formaram a base para obtenção destas características na qual a área de estudo esta inserida.

A delimitação automática da bacia hidrográfica com o auxílio das ferramentas “*Basin*” do “*Spatial Analyst*” (ArcGis 9.2) se mostrou eficiente. A partir da delimitação da bacia hidrográfica (figura 13), limitada pelos divisores de águas, obteve-se um polígono cuja área é de aproximadamente 14,66 Km².

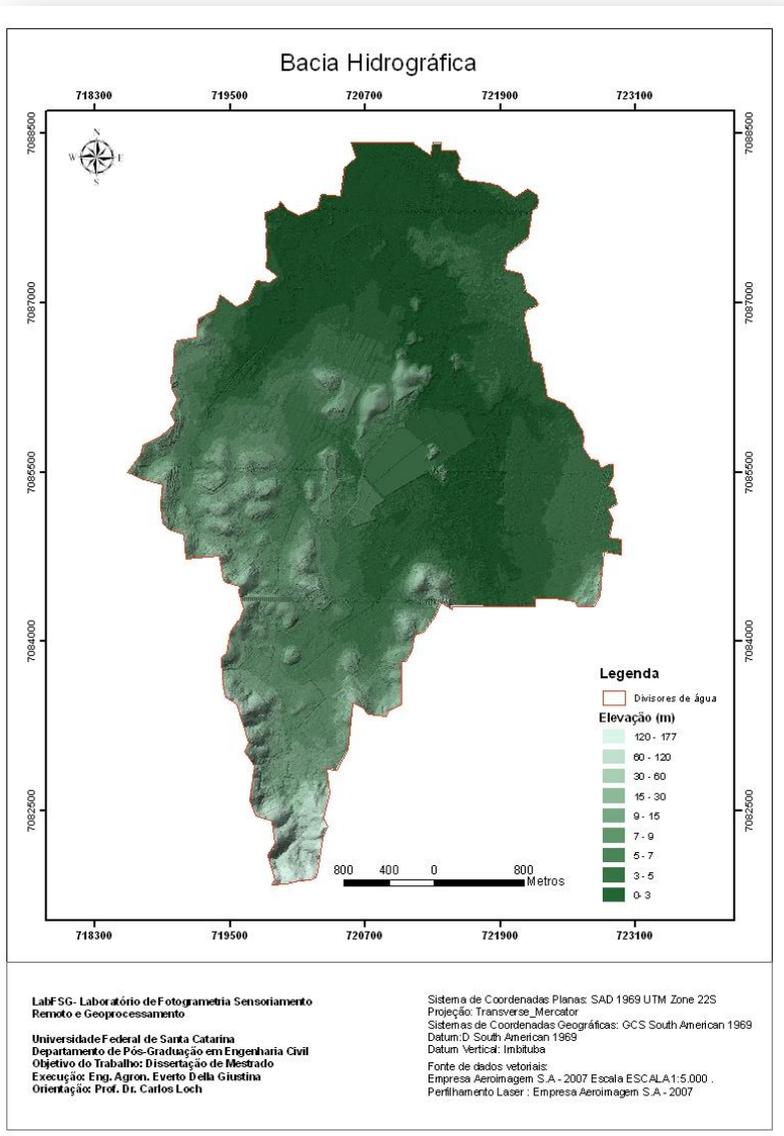


Figura 13 - Mapa da bacia hidrográfica delimitada automaticamente

6.1.2.2 Rede de drenagem

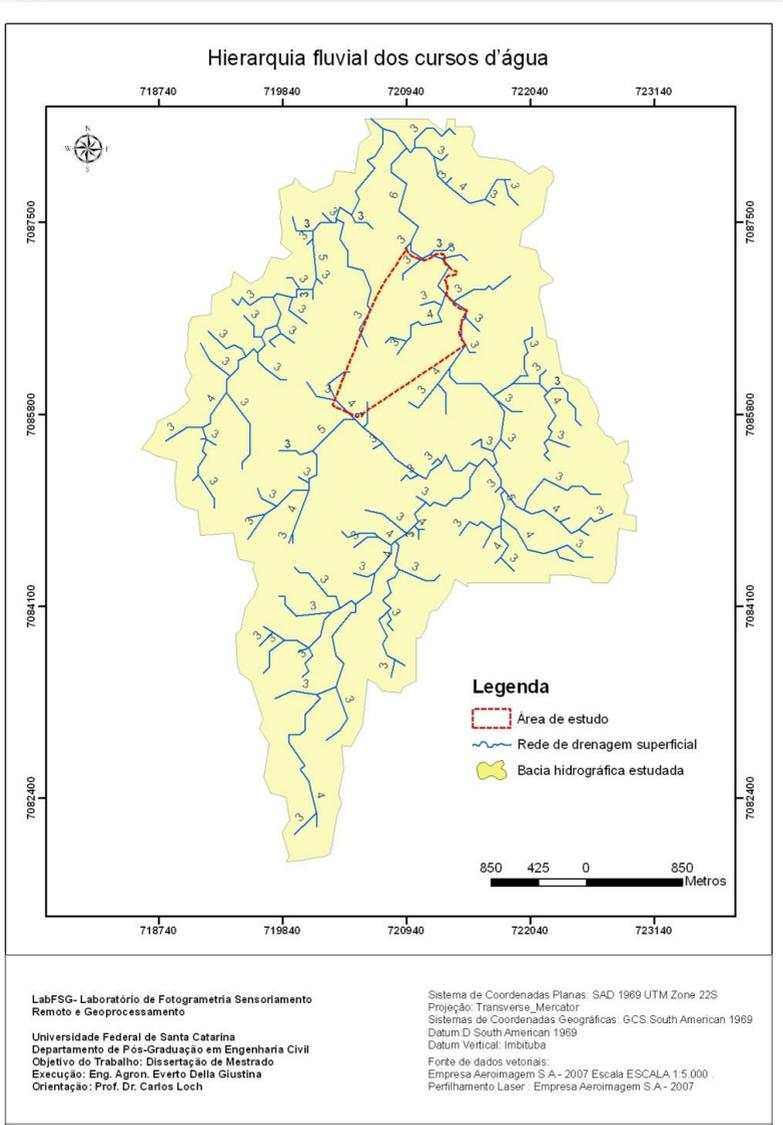


Figura 14 - Mapa da hierarquia fluvial da bacia estudada

Para delimitação da área para o projeto foram avaliadas as características hídricas, incluindo os níveis de marés e a influência da água doce, através de uma análise da rede de drenagem. Este estudo ajustou o projeto de engenharia da fazenda dentro dessas características, sem alterá-las, para permitir acomodações do layout.

A extração da rede de drenagem da bacia hidrográfica estudada definiu os caminhos de escoamento de líquidos, normalmente água de chuva, de acordo com o relevo. Optou-se aqui por representar a rede de drenagem de acordo com a classificação proposta por Artur N. Strahler em 1952, onde se estabeleceu a ordem da bacia hidrográfica com intuito de determinar a hierarquia fluvial dos cursos d'água. Estes foram aqui somente apresentados a partir dos cursos de terceira ordem (figura 14).

A rede de drenagem constitui uma variável fundamental no entendimento, simulação e previsão de processos hidrológicos. A informação por ela gerada poderá ser usada sob diversas formas, tais como: conservação dos recursos hídricos, determinação de áreas com risco de erosão do solo, transporte de poluentes e delimitação de áreas inundadas.

Como estudo futuro, recomenda-se a utilização dos dados ALS aliados as séries históricas da pluviometria e ocorrência de enchentes na região. Estes direcionados a estudos técnicos de simulação de cheias para avaliação das condições atuais e do impacto dos projetos.

6.1.2.3 Declividade

A apresentação análise declividade teve como objetivo quantificar a inclinação ou o declive da área de estudo. Tais dados são imprescindíveis para a definição das áreas destinada ao projeto. Em projetos de carcinicultura a declividade do fundo de um viveiro deve ser de 0,5% à 1% para que se tenha uma drenagem total dos mesmos no momento de suas despescas.

Além disso, análise da declividade serve de base para avaliação das possibilidades de ocorrência de processos de remobilização das formações superficiais ou de corpos rochosos, tais como escorregamentos, erosão e desmoronamentos.

A figura 15 apresenta as análises referentes à declividade da área de estudo. A declividade é apresentada em graus, uma vez que no texto legal da resolução CONAMA 303 essa classe de APP é definida desta forma.

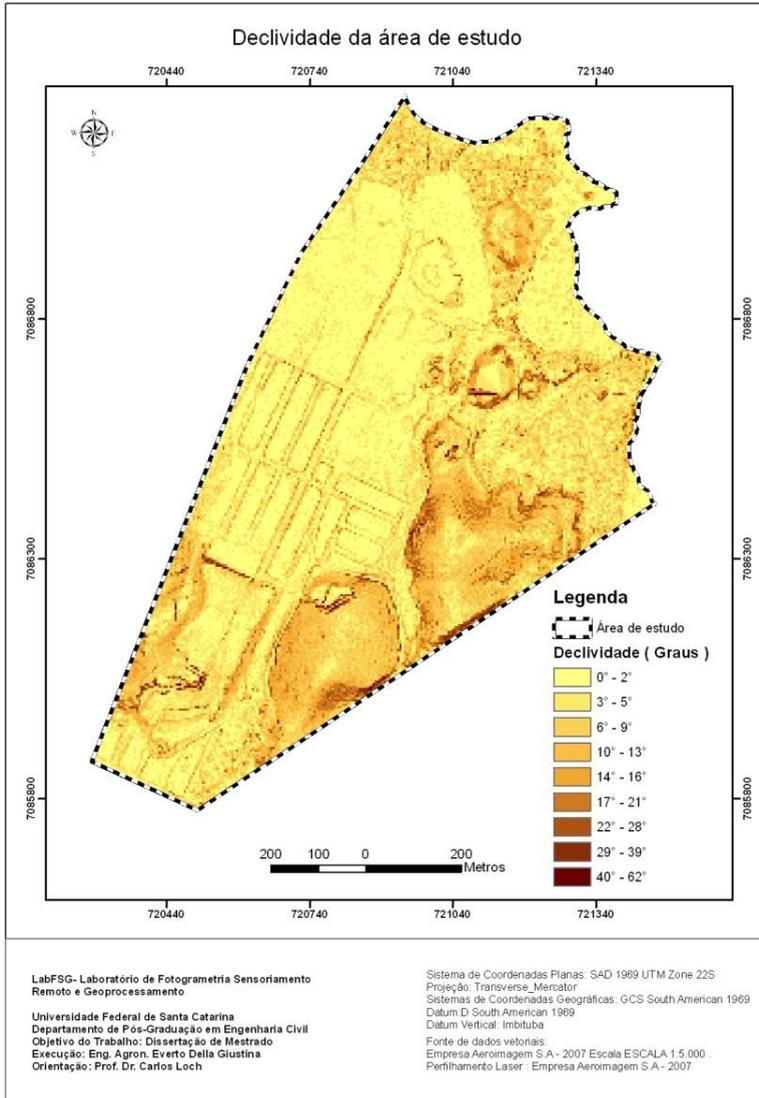


Figura 15 - Mapa de declividade da área estudada

Percebe-se, através desta análise, que a classe de declividade inferior a 25° é predominante sobre as outras, com 98,7 % da área de estudo. Segundo os intervalos de classificação de relevo apresentados pelo IBGE (2000) pode-se afirmar que é um relevo suave ondulado. Pode-se observar que a área de estudo não apresenta restrições quanto à declividade segundo a resolução CONAMA 303.

6.1.3 Restrições legais na área estudada

À luz do código Florestal Brasileiro de 15 de setembro 1965 foram demarcados 20% (18,4 ha) da área estudada a título Reserva Legal (figura 16), onde não é permitido o desmatamento (corte raso), podendo ser utilizada através de uso sustentável. A cobertura vegetal nestas áreas irá atenuar os efeitos erosivos e a lixiviação dos solos, contribuindo também para regularização do fluxo hídrico, redução do assoreamento dos cursos d'água e reservatórios, e trazendo também benefícios para a fauna.

A identificação e conseqüente demarcação espacial dos limites dos aspectos ambientais não é uma tarefa fácil, especialmente considerando as peculiaridades dos conceitos legais. Desta forma a identificação e delimitação de Áreas de Preservação Permanente (APP) é uma tarefa que carece de metodologia específica, podendo ser contundente quando une recursos técnicos de geoprocessamento, bases em escala adequada e legislação vigente.

A delimitação, quantificação e a caracterização das APPs foram possíveis por meio da utilização do SIG, permitindo localizar e quantificar as áreas de usos restritos. A figura 16, a seguir, mostra o mapa da delimitação do uso da terra e as áreas com restrições legais.

Foram delimitadas e quantificadas duas categorias de áreas de preservação permanente na área em estudo: Faixa marginal de cursos d'água (6,9 ha - 7,4 % da área estudada) e manguezal (16,4 ha - 17,7 % da área estudada).

A categoria de áreas de preservação permanente com declive superior a 45° não foi detectada na área estudada, pois as áreas nesta faixa de declive eram raras e restritas a pequenos trechos.

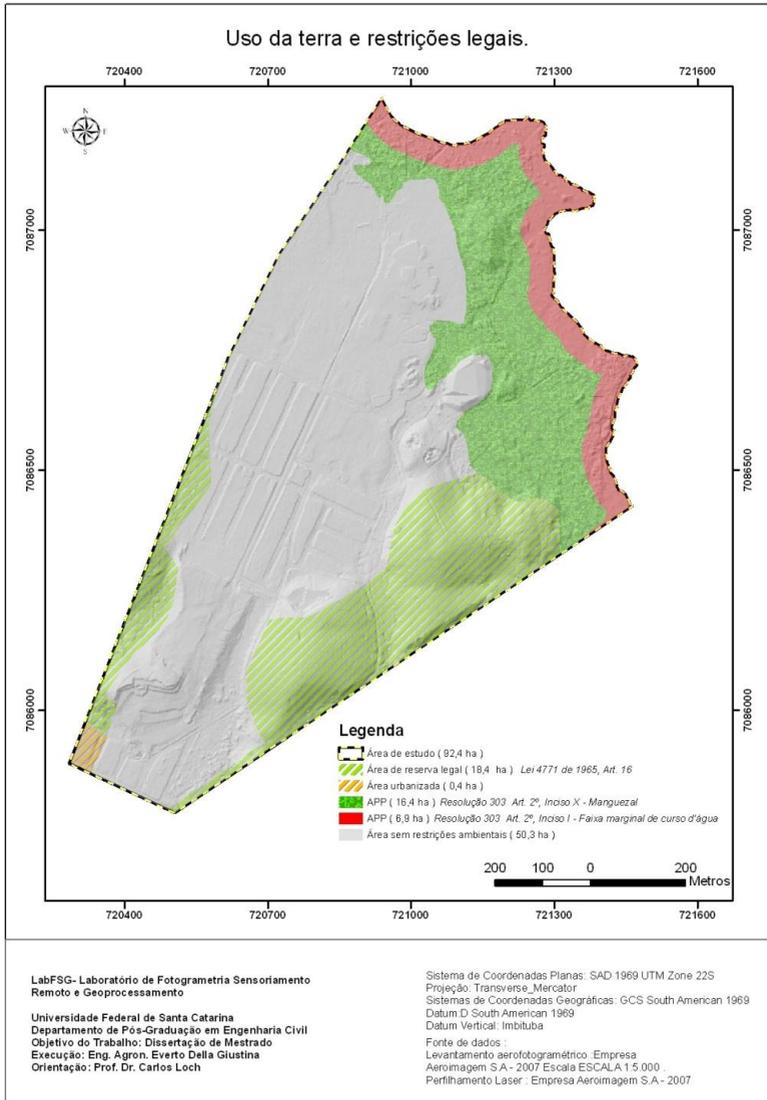


Figura 16 - Mapa de uso de terra e restrições legais

A área de manguezal foi delimitada a partir do mapa de previsão de maré (figura 17) e por fotointerpretação. Segundo a previsão de maré tabulada para o porto de São Francisco do Sul - delegacia CPSFS (estado de Santa Catarina), Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) do Ministério da Marinha a maré sizigia e quadratura máxima é de 1,9 m. A metodologia aqui utilizada leva em conta que os manguezais estão restritos à área de influência das marés ao longo dos estuários dos principais rios. Seu avanço para o interior do continente é condicionado pela penetração das águas salinas.

Em relação à preservação dos manguezais, preconizado pelo código de conduta da ABCC, a metodologia aqui demonstrada, através do uso da técnica ALS, mostra-se uma importante ferramenta para estudos a sobre áreas influencia de maré. Aliada a outros estudos, estes dados são uma ferramenta importante na gestão ambiental, objetivando proteger as reservas naturais de manguezais, a manutenção da qualidade de vida nos ambientes estuarinos costeiros e contribuindo para o fortalecimento da biodiversidade dos ecossistemas costeiros.

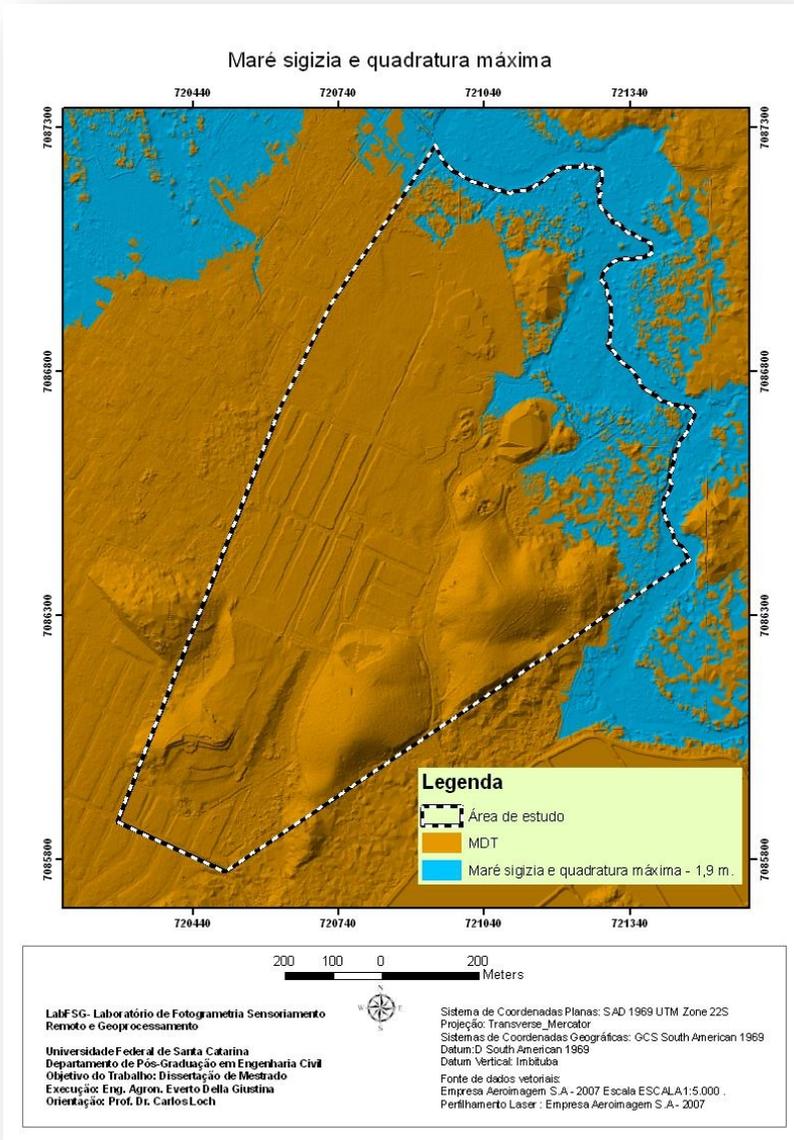


Figura 17 - Mapa da simulação de maré 1,9 m sobre MDT

6.2 Delimitação da área destinada ao projeto geométrico

A delimitação da área destinada ao projeto geométrico buscou o uso eficiente dos recursos terrestres e aquáticos. De forma que conservem a biodiversidade, os habitats ecologicamente sensíveis e as funções do ecossistema, reconhecendo os demais usos da terra. Os critérios de seleção da área com características próprias para implantação da fazenda de cultivo de camarões foram definidos com base no levantamento bibliográfico, no conhecimento dos requerimentos da implantação de projetos de cultivo de camarões marinhos e no conjunto de características físicas do ambiente até aqui estudadas.

Estas características constituíram o plano temático de informação (PTI) da área de abrangência. O PTI foi armazenado em uma *geodatabase* para posteriormente ser relacionado através do uso do *modelbuilder* do ArcGIS 9.2.

O uso do Sistema de Informações Geográficas, ambientado no ArcGIS 9.2, representou uma ferramenta bastante útil que agilizou todo o processo de manipulação de informações, quando o objetivo foi de delimitar as áreas com restrições legais e a área destinada ao projeto geométrico. Permitiu realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados.

A utilização do *modelbuilder* – ArcGIS demonstrou-se prático na análise aqui realizadas. A ferramenta simplificou o processo do mapeamento podendo o modelo ser utilizado em qualquer estudo na espacialização do PTI. Sendo necessário, somente, fornecer os novos dados de entrada e os parâmetros que se pretende analisar.

Após a realização das análises espaciais do PTI obteve-se como resultado (Figura 18) uma área de 28,6 ha propícia ao projeto geométrico de carcinicultura conforme os critérios até aqui adotados. As áreas com restrições ambientais somaram 42,1 ha, as quais são destinadas a preservação e a título de reserva legal.

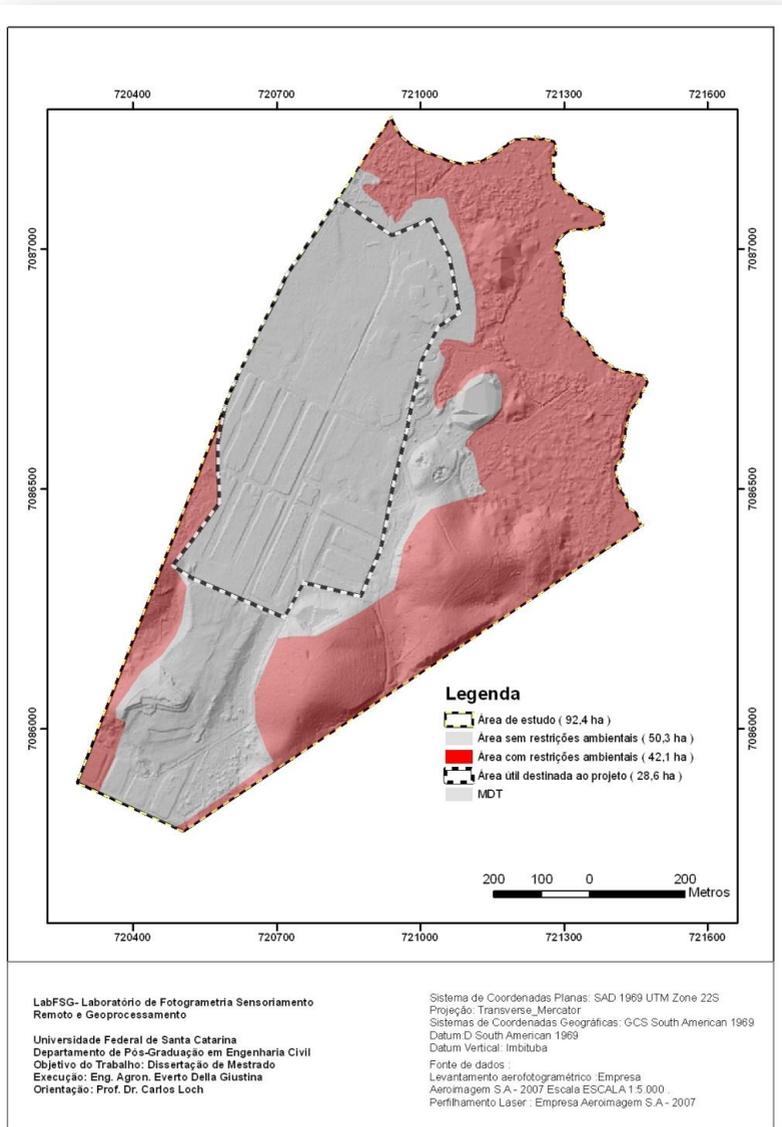


Figura 18 - Mapa da área destinado ao projeto geométrico da fazenda sobreposta ao MDT

Neste estudo o ALS mostra-se uma importante ferramenta para obtenção do Modelo Digital do Terreno de alta resolução. Apresenta solução a problemas de elaboração e implantação de projetos aquícolas nas zonas costeiras.

A partir dos modelos podem-se calcular diretamente volumes, áreas, desenhar perfis e secções transversais, gerar imagens sombreadas ou em níveis de cinza, gerar mapas de declividade, gerar fatiamentos nos intervalos desejados e perspectivas tridimensionais.

Os dados ALS podem contribuir para uma melhor configuração topográfica dos leitos dos viveiros, permitindo, assim, que os mesmos sejam drenados rápida e facilmente. Possibilita, portanto, um controle mais eficaz dos parâmetros de produção, especialmente no que tange à preparação para o povoamento, possibilitando ainda, a utilização de densidades adequadas, o que resultará em altos níveis de produtividade.

6.3 Adição do projeto geométrico de fazenda de camarão e geração de MDT com a unidade projetada

6.3.1 Visualização tridimensional do MDT

A tecnologia SIG em 2D é frequentemente utilizada para adquirir um conhecimento rigoroso do território, ao passo que a visualização 3D se revela importante para a compreensão visual do mesmo. Os dados laser scanner, aqui estudos , quando integrados a um Sistema de Informações Geográficas possibilitaram a vantagem da visualização 3D, mantendo a possibilidade de gerar a informação gráfica e alfanumérica em 2D, ou seja, operações de análise espacial.

A visualização do MDT como superfícies em três dimensões tanto da bacia hidrográfica quanto da área de estudo (Figura 19) teve a finalidade de obter uma percepção geral da estrutura da área de estudo. Pôde-se assim demonstrar as relações espaciais, além de oferecer a possibilidade de ilustrar grande quantidade de informações para o planejamento de projetos aquícolas.

Geralmente a obtenção de um MDT é trabalhoso e consome muito tempo. Esse problema tende a ser minimizado pelos modernos sistemas digitais já existentes.

Outra alternativa, observada neste trabalho, é a projeção de uma imagem digital sobre um MDT (figura 20) possibilitando a visualização

em 3D. A visualização 3D permite a realização de medidas 3D, pois a posição de cada ponto no plano de visualização pode ser matematicamente determinada no referencial tridimensional do MDT. A principal vantagem é a realização destas medidas com o auxílio da visualização simultânea da superfície com efeitos variados, como, por exemplo, os decorrentes da modificação de pontos de vista e da variação de iluminação artificial.



Figura 19 - Visualização do MDT como superfícies em três dimensões da bacia hidrográfica



Figura 20 - Projeção de uma imagem digital sobre MDT

Além das análises permitidas com a geração de MDTs e a visualização 3D, existe ainda a possibilidade de se produzir animações tridimensionais. Essa possibilidade oferece, aos usuários de SIG, a produção de apresentações mais atraentes, além da tradução mais aproximada da realidade do espaço geográfico para um ambiente computacional. Apresentações dessa natureza facilitam o entendimento das relações geográficas, proporcionando a compreensão de elementos e fenômenos espaciais por especialistas, e até mesmo por indivíduos da sociedade que não possuem conhecimentos técnico-específicos.

Nesta etapa do estudo vale ressaltar os problemas enfrentados devido à alta exigência do poder computacional para se trabalhar com os produtos laser scanner e os MDTs gerados por estes, pois apresentam arquivos com grande quantidade de pontos. A visualização em 3D e a projeção de uma imagem digital sobre um MDT requerem uma placa de vídeo com uma boa capacidade de memória. Neste caso, recomenda-se trabalhar com computadores que possuam adaptador de vídeo com memória dedicada (acelerador gráfico). Com isso pode-se gerar imagens

e efeitos visuais tridimensionais aliviando o trabalho do processador principal e gerando um resultado final mais rápido.

6.3.2 Visualização tridimensional do MDT com projeto geométrico

A utilização do MDT com a simulação do empreendimento feita através da adição do projeto geométrico da fazenda de camarão na área de estudo e a sua visualização em 3D (figura 21) constituiu-se em uma excelente base de estudo para se avaliar o efeito do projeto geométrico no ambiente em que ele será inserido. Proporciona, por exemplo, uma visualização dos locais onde devem ser realizados cortes e aterros.

É possível, também, combinar o projeto e o modelo do terreno para criar uma visualização do impacto do projeto de engenharia no ambiente em que será implantado. Como exemplo cita-se, a extração e análise da rede de drenagem da bacia com o projeto geométrico adicionado (figura 22). Assim os projetos de implantação de carcinicultura podem ser modelados e testados em um ambiente virtual antes da sua construção.

A extração da rede de drenagem da bacia com o projeto geométrico adicionado (figura 22) constitui uma variável fundamental no entendimento, simulação e previsão do impacto do projeto sobre os processos hidrológicos. Possui sua importância na conservação dos recursos hídricos e conservação do solo. Assim é possível fazer recomendações para a minimização dos impactos que atingem diretamente os recursos naturais.

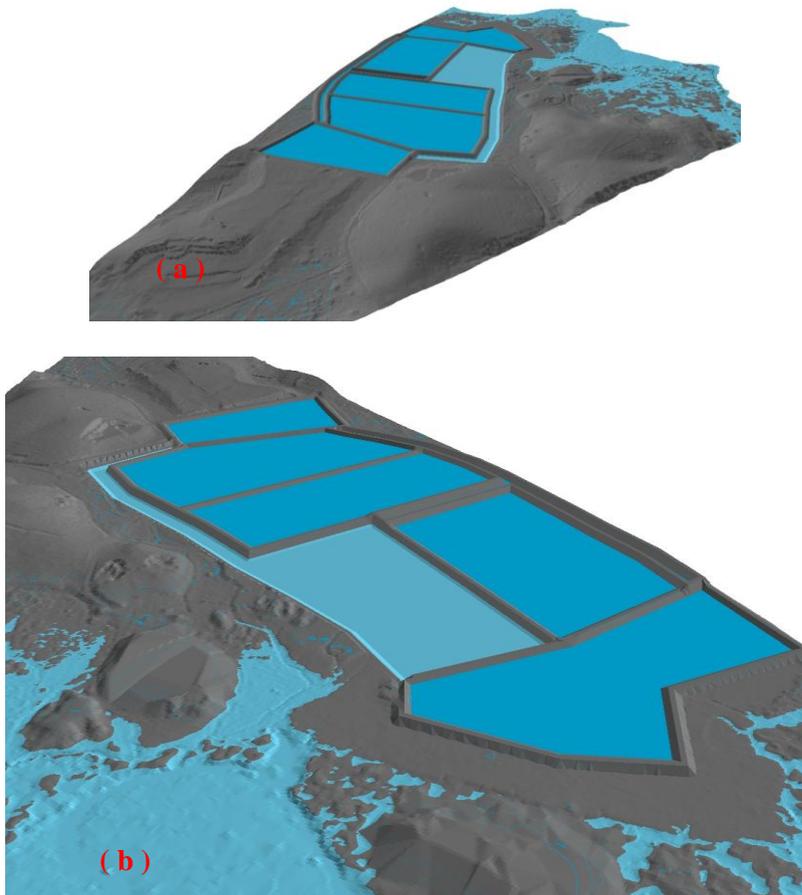


Figura 21 – a) MDT da área de estudo a partir dos pontos laser scanner com adição do projeto geométrico. b) Visualização 3D de parte do MDT da bacia hidrográfica com adição do projeto geométrico

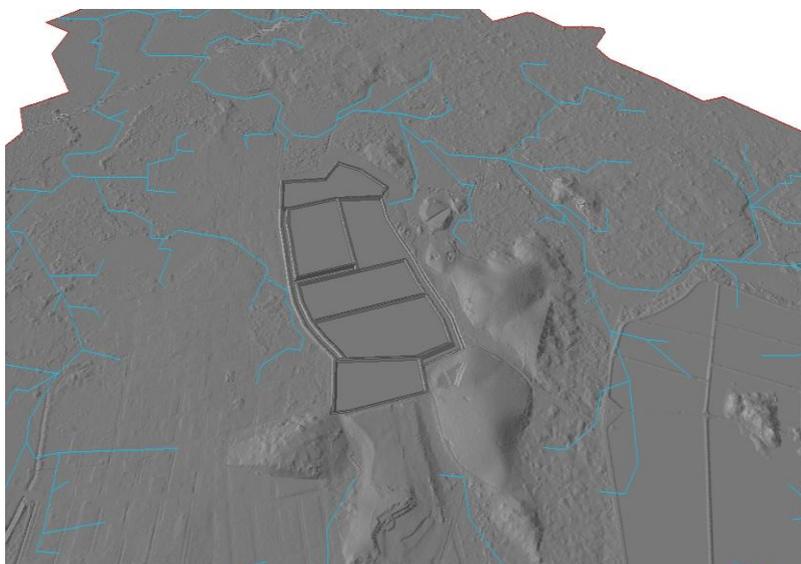


Figura 22 - Rede de drenagem da bacia com o projeto o projeto geométrico adicionado

7 Conclusões

Os dados laser scanner mostraram-se eficientes quando o objetivo foi a obtenção do modelo digital do terreno (MDT). Uma das principais características deste MDT é a qualidade da representação, devido à alta densidade de pontos do laser scanner.

Os Modelos Digitais do Terreno de alta resolução gerados a partir dos pontos laser scanner tem grande potencialidade de aplicação em projetos de implantação de unidades de carcinicultura. Disponibilizam dados do terreno que podem servir como suporte a análises de características de interesse dos projetos tais como produtos cartográficos para suporte de análises ambientais, aspecto topográfico, e outras características da forma da terra.

A simulação do empreendimento feita através da adição do projeto geométrico da fazenda de camarão no MDT, obtido a partir da nuvem de pontos laser scanner, confere novas possibilidades quando a finalidade é obter uma percepção geral das características geográficas da área de estudo. O produto gerado por esta integração possibilitou uma visualização de alta qualidade do projeto. Este produto pode ser utilizado como elemento de visualização tanto para apresentação do projeto ao cliente como para consultas públicas.

O uso do sensoriamento remoto, através da tecnologia ALS, teve comprovada utilidade na coleta de informações. Junto com o Cadastro Técnico incorporados aos SIGs – Sistemas de Informações Geográficas - atuaram como ferramentas à orientar a tomadas de decisões que favorecer a preservação da capacidade de suporte da área de estudo.

O levantamento topográfico da área pode ser substituído pelos dados ALS quando o objetivo for a concepção e o planejamento de uma unidade de produção de carcinicultura. Devido a densidade de pontos este levantamento atende as necessidades de detalhamento para a confecção de projetos. Os dados laser scanner possibilitam determinar o formato e a dimensão real, bem como a determinação das posições planimétricas e altimétricas para a confecção do projeto geométrico da fazenda. Podendo proporcionar uma visualização dos locais onde devem ser realizados cortes e aterros, bem como a realização de seus cálculos.

Um aspecto que merece atenção, quando da modelagem em 3D, é a dificuldade de trabalho quando se tem uma massa de dados consideravelmente grande. Fica clara a necessidade, para que se tenha

um bom desempenho em visualização, de dispositivos de vídeo de boa qualidade para a máquina de trabalho.

Neste trabalho não se levou em consideração os custos de cada tecnologia aplicada os objetivos do estudo. Recomendam-se novos estudos a fim de se avaliar economicamente o ALS frente a outras tecnologias.

8 Referências Bibliográficas

- ABCC, **Censo 2004**. Associação Brasileira de Criadores de Camarão. Disponível em: www.abccam.com.br acesso em: 23/11/2009.
- ABCC, **Código de conduta e de práticas de manejo para o desenvolvimento de uma carcinicultura ambiental e socialmente responsável**. Associação Brasileira de Criadores de Camarão. 15p. 2001.
- ALLAM, M.M., **DTM application in topographic mapping. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v.44, n.12, p.1513-1520, 1978.
- ANGELL, C. L. **Costal Aquaculture Zoning in Siri Lanka. Base don the work of a consultan in application of GIS an remote sensing**. FAO consultant on costal aquaculture. Food an Agriculture Organization of the United Nations, Bangkok, april de 1998.
- ASPIAZÚ, C.; ALVES, L. M.; VALENTE, O. F. **Modelos digitais de terrenos conceituação e importância**. Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, n. 21, p.27-36, dez. 1990.
- AXELSSON, P. **Integrated sensors for improved 3D interpretation**. In: ISPRS Symposium on GIS - Between Visions and Applications, 7-10 set. 1998, Stuttgart.IAPRS, v. 32, parte 4, p. 27-34.
- BALTSAVIAS, E. P. **A comparison between photogrammetry and laser scanning**. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Zürich, v. 54, n. 2-3, p. 83-94, 15 jul. 1999a.
- BALTSAVIAS, E. P. **Airborne laser scanning: existing systems and firms and otherresources**. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Zürich, v. 54, n. 2-3, p. 199-214, 15 jul. 1999b.
- BELTRAME, E. **Seleção de sítios e planejamento da atividade de cultivo de camarões marinhos com base em geotecnologias**. Florianópolis. Programa de Pós-graduação em Geografia - Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. 2003, 200p (Tese de doutorado).
- BELTRAME, E.; BONETTI FILHO, J.; BONETTI, C. **Pré-seleção de sítios adequados a carcinicultura na região de Laguna - SC com base na análise integrada das características hidrológicas**

- locais.** Resumo. In.: Anais Simpósio Brasileiro de Oceanografia. Cd-rom. São Paulo, 26 a 30 de agosto de 2002. USP/IO
- BERNHARD H.; PFEIFER N. **Correction of laser scanning intensity data: Data and model-driven approaches.** ISPRS Journal of Photogrammetric and Remote Sensing v.62 p. 415-433, 2007.
- BLEY JUNIOR, C. J. **Cadastro técnico multifinalitário, uma ferramenta gerencial para a integração de critérios de gestão territorial e gestão ambiental : o caso da Itaipu Binacional.** Florianópolis. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil - PPGEC – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2006. 160 f. (Dissertação de mestrado).
- BOYD, C. **Water quality in ponds for aquaculture.** Auburn University, Alabama. Birmingham Publishig Co. Alabama. 482p. 1990.
- BOYD, C. E., GAUTIER, D. **Effluent composition and water quality standards: implementing** GAA's Responsible Aquaculture Program. Global Aquaculture Advocate. 3 (5):61-66. 2000.
- BRANDALIZE M. C. B. **A qualidade cartográfica dos resultados do laserscanner aerotransportado.** Florianópolis. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil- PPGEC – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. 2004, 271p (Tese de doutorado).
- BRASIL (a), **Código Florestal Brasileiro, Lei 4771 de 15 de setembro de 1965,** disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4771.htm, acessado em 29/01/2009.
- COELHO A. H.; ARAUJO VARGAS R. M. **Geração de modelos digitais de terreno a partir de dados de laser scanner aerotransportado em áreas de floresta usando o software livre GRASS .** Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 3653-3660.
- COSTA, A.M.; UBERTI, A.A.; SANTANNA, W.C. **Sensoriamento remoto aplicado à gestão ambiental: uma ferramenta para a análise multidisciplinar.** In: COBRAC 2002, 4o. Congresso Brasileiro de cadastro Técnico Multifinalitário. UFSC, Florianópolis, 06-10 de outubro de 2002.
- DALE, P. & MCLAUGHLIN, J. D. **Land information management. an introduction with special reference to cadastral problems**

- in third world countries.** Nova Iorque Oxford University Press, 1990.
- DALMOLIN, Q.; SANTOS, D. R. **Sistema Laserscanner: conceitos e princípios de funcionamento.** (3ª edição). Curitiba, UFPR, 2004.
- EMBRAPA/CNPSSolos. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Solos – EMBRAPA Produção de informações. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.
- ERBA, Diego Alfonso, **O Cadastro Territorial: presente, passado e futuro. In: Cadastro Multifinalitário como instrumento de política fiscal e urbana.** 2005. Rio de Janeiro, pp.13-38.
- ESTEIO S.A – Esteio engenharia e aerolevantamentos S.A - Downloads Programas e Demos disponível em: <http://www.esteio.com.br/downloads/programasedemos.htm> acessado em 10/09/2009.
- FAO. **Guidelines for Land-Use Planning.** Rome, FAO Development Series 1, Fao, 1993. 96p.
- FAO/NACA/UNEP/WB/WWF. **International Principles for Responsible Shrimp Farming.** Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific (NACA). Bangkok, Thailand. 2006. 20 pp.
- FEITOSA, D. **Avaliação da gestão ambiental da carcinicultura marinha no estado do ceará: estudo de caso.** Fortaleza. Programa de pós-graduação em desenvolvimento e meio ambiente – Universidade Federal do Ceará– UFC. 2005, 104p (Dissertação de mestrado).
- FELGUEIRAS, C. A. **Modelagem Numérica de Terreno,** disponível em http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/4mnt.pdf acessado em 05/01/2009.
- FIGUEIRÊDO, I. M. C. et al. **Impactos ambientais da carcinicultura de águas interiores.** Eng. Sanit. Ambient. vol.11 no.3 Rio de Janeiro /Sept. 2006.
- FILHO, J. C. 2002. **O camarão ecologicamente correto de Santa Catarina ou O jeito catarinense de criar camarão.** Panorama da aquíicultura. v.12, n. 74. p.36-41.
- FOWLER, R. Topographic LIDAR. In: MAUNE, D. F. (Ed.). **Digital elevation model technologies and applications: the DEM users manual.** Bethesda: ASPRS, 2001. cap. 7, p. 207-236.

- GESAMP (IMO/FAO/Unesco-IOC/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP. Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection), **Reducing Environmental Impacts of Coastal Aquaculture**. Rep. Stud. Gesamp, (47):. 35 p. 1991
- GESAMP. (IMO/FAO/UNESCO-IOC/WMO/IAEA/UN/UNEP. Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). **Planing and management for sustenible coastal aquaculture development**. Rep. Stud. Gesamp (68) 90p. 2001.
- GESTEIRA, T.C.V. & PAIVA, M.P. **Impactos ambientais dos cultivos de camarões marinhos no Nordeste**. Arq.Ciên. Mar, Fortaleza, v.36, p.23-28, 2003.
- GUENTHER, G.C., BROOKS, M.W., LAROCQUE, P.E. **New capabilities of the “SHOALS” irborne LiDAR bathymeter**. Rem. Sens. Environ. 73 (2), 247– 255. 2000.
- HWANG, P.A., KRABILL, W.B., WRIGHT, W., SWIFT, R.N., WALSH, E.J., 2000. **Airborne scanning measurement of ocean waves**. Rem.Sens. Environ. 73 (2), 236– 246.
- IBAMA. 1998. **Proteção e Controle de Ecossistemas Costeiros: Manguezal da Baía da Babitonga**. Brasília, Coleção Meio Ambiente IBAMA Série Estudos Pesca, 25, p. 49-58.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Apostila do Curso Spring 3.0 (versão Windows/UNIX)**. São José dos Campos, 1998.
- JENSON, S.K.; DOMINGUE, J.O. **Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis**. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Bethesda, v.54, n.11, p.1.593-1.600, 1988.
- JONAS, D.; BYRNE, P. **Airborne laser scanning: beyond its formative years**. In: Spatial Sciences Conference - Spatial Knowledge without Boundaries, 22-27 set.2003, Canberra. 14p.
- KAPETSKY, J.M.; MCGREGOR, L. & NANNE, E.H **A geographical Informgation system and satellite remote sensing to plan for aquaculture development**,:a FAO-UNEP/GRID cooperative study in Costa Rica. FAO Fisheries Technical Paper, n . 287 51p. 1987.
- KARNAUKHOVA, E. **A intensidade de transformação antrópica da paisagem como um indicador para a análise e a gestão ambiental (Ensaio metodológico na área da Bacia**

- Hidrográfica do Rio Fiorita, Município de Siderópolis, SC).** Dissertação Mestrado em Engenharia Civil – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2000, 222 p.
- KRAUS K , PFEIFER N.; **Determination of terrain models in wooded areas with airborne laser scanner data** . ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 53 .1998. 193–203
- LACERDA D. L. ; **Manguezais do Nordeste** • Ciência hoje • vol. 39 • nº 229 agosto de 2006.
- LI, Z.; ZHU, Q.; GOLD, C. **Digital Terrain Modeling: principles and methodology**. Ed. CRC Press, 2004, 323p.
- LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. LIDAR. In: **Remote sensing and image interpretation**. 4. ed. New York: John Wiley & Sons, 2000. p. 700-710
- LOCH, C. **A interpretação de imagens aéreas: noções básicas e algumas aplicações nos campos profissionais**. 4ªed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001. 118p.
- LOCH, C. **Cadastro técnico multifinalitário rural e urbano**. UFSC, Florianópolis ,1998.
- LOCH, C. **Cadastro técnico rural multifinalitário, a base à organização espacial do uso da terra a nível de propriedade rural**. Tese - concurso de professor titular Edital 502/DP/92. UFSC, 1993.
- LOCH, C. **Monitoramento global e integrado de propriedades rurais a nível municipal, utilizando técnicas de sensoriamento remoto**. 1990. Florianópolis, SC, Ed. UFSC.
- LOCH, C.: **A preservação do meio ambiente e a agrimensura**. V Congresso Nacional de Engenharia de Agrimensura. Anais. Campos do Jordão, 1991.
- LOCH, Carlos; ERBA, Diego Alfonso, **Cadastro Técnico Multifinalitário : rural e urbano**. Cambridge, MA: Lincoln Institute of Land Policy. 2007.
- LOHANI B., MASON D.C. **Application of airborne scanning laser altimetry to the study of tidal channel geomorphology**. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 56 (2001) 100–120
- MAGNUSSEN, S., BOUDEWYN, P. **Derivations of stand heights from airborne laser scanner data with canopy-based quantile estimators**. Can. J. For. Res. 1998. 28 (7), 1016– 1031.

- MAIA, E.P. **Avaliação do uso de probiótico no cultivo intensivo de *litopenaeus vannamei* (boone, 1931) em viveiros de terra em sistema fechado.** Programa de Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará . Fortaleza.2004. 121 p (Dissertação de mestrado)
- MMA (a), Ministério do Meio Ambiente, Resolução 302 do CONAMA, de 20 de março de 2002, disponível em. : <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html> acessado em 10/11/2009.
- MMA (b), Ministério do Meio Ambiente, Resolução 303 do CONAMA, de 20 de março de 2002, disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html> acessado em 10/11/2009.
- MMA (c), Ministério do Meio Ambiente, Resolução 312 do CONAMA, de 18 de outubro de 2002, disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=334> , acessado em 10/11/2009.
- MOREIRA, A. A. N.& LIMA, G. R. **Relevo In: Geografia do Brasil: Região Sul** - Fundação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE),SERGRAF, Rio de Janeiro, RJ, 1977.
- NAMIKAWA et al. **Modelagem numérica de terreno e aplicações** INPE. São José dos campos. 2003 Disponível em :<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marciana/2003/03.10.11.36/doc/publicacao.pdf> acessado em 10/09/2009.
- NUNES, A. J. P. **Tratamento de efluentes e recirculação de água na engorda de camarão marinho.** Panorama da Aquicultura, maio/junho, p. 27-39. 2002.
- OLIVEIRA, M. S. C. **Heranças da Babitonga: Aspectos paleoambientais e pré-históricos das planícies costeiras de Joinville.** In: Anais do Seminário: Gestão dos recursos naturais em ecossistemas costeiros, com ênfase à Baía da Babitonga, SC, Joinville: FUNDEMA e UNIVILLE. 2000.
- PÁEZ-OSUNA, F. **The environmental impact of shrimp aquaculture: a global perspective.** Environ. Poll. v.112, p.229-231, 2001.
- PAEZ-OSUNA, F.; GUERRERO-GALVAN, S. R. & RUIZ-FERNANDEZ, A. C. **Discharge of nutrients from shrimp**

- farming to coastal waters of the Gulf of California.** Marine Poll. Bull., v. 38, n. 7, p. 65-75, 1999.
- PAEZ-OSUNA, F.; GUERRERO-GALVAN, S. R. & RUIZ-FERNANDEZ, A. C. **The environmental impact of shrimp aquaculture and the coastal pollution in Mexico.** Marine Poll. Bull., v. 36, n. 1, p. 65- 75, 1998.
- PEREIRA, A. M. L.; LEGAT, A. P.; LEGAT, J. F. A. **As enfermidades ainda ameaçam.** Panorama da Aqüicultura, vol 13. nº 95, maio/jun, pg 46-47, 2006.
- PETRIE, G. **Warming up for the ISPRS Amsterdam: a look at current and future imagers, imagery & systems.** Geoinformatics Magazine, Emmeloord, v. 3, n. 3, p. 36-43, abr./maio 2000.
- POLI, C. R.; B. POLI. A.T.; ANDREATTA E.; BELTRAME E. **Aqüicultura – Experiências Brasileiras.** Multitarefa, Florianópolis 2004. 406 pg
- POPULUS J., BARREA G. FAZILLEAU U. J., Kerdreux M. L'YAVANC J.,. **Assessment of the lidar topographic technique over a coastal area.** CoastGIS'01, Second International Symposium on GIS and Computer Mapping (Halifax) June 2001.
- POPULUS J., LAURENTIN A., ROLLET C., VASQUEZ M, GUILLAUMONT B., BONNOT-COURTOIS C. **Surveying coastal zone topography with airborne remote sensing for benthos mapping.** EARSeL e Proceedings v 3, 1/2004.
- PRESTON, N.P. ROTHLSBER, P.C.; BURFOARD, M.A.; JACKSON, C.J. **“The Environment of Shrimp Farming in Australia”.** Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment. Work in Progress for Public Discussion. Published by Consortium. 2002. 9 p.
- RAMOS, P. R.; LOCH, C. **Sensoriamento Remoto como Ferramenta para a Gestão Ambiental e o Desenvolvimento Local.** COBRAC 2004 · Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário · UFSC Florianópolis · 10 a 14 de Outubro 2004.
- RANGO, A., CHOPPING, M., RITCHIE, J., HAVSTAD, K., KUSTAS, W., SCHMUGGE, T. **Orphological characteristics of shrub coppice dunes in desert grasslands of southern New Mexico**

- derived from scanning LiDAR.** Rem. Sens. Environ. 2000. 74 (1), 26-44.
- RIVAS, R. A. N.; SILVA BRITO, J. L. N. **A Tecnologia “Laser Scanning”:** uma alternativa para o mapeamento topográfico. In: XXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 2003, Belo Horizonte. cd- ROM
- ROCHA, I. P., RODRIGUES, J. & AMORIM, L. A **Carcinicultura Brasileira em 2003.** Revista da ABCC, Recife, n.1, 2004. p. 30-36.
- ROCHA, I. P. **Desempenho da carcinicultura brasileira em 2007: desafios e oportunidades para 2008.** Revista ABCC. Ano 9. n.2. 2008. p.70-85.
- ROS, G. A. **Visualização 3D de uma imagem digital.** Presidente Prudente. Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas, UNESP, Campus de Presidente Prudente- SP, 2001.81p, (Dissertação de mestrado).
- SAMPAIO, Y. COUTO É. **Geração de empregos diretos e indiretos na cadeia produtiva do camarão cultivado marinho** Universidade Federal de Pernambuco – UFPE . Departamento de economia. Em <http://www.abccam.com.br/> acessado em 12/01/2007.
- SCHÄFER , A. G. **Aplicação de produtos Fotogramétricos e do Sensor Laser Scanner em projetos Rodoviários – Estudo de caso: Trecho SC-414.** Florianópolis. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil- PPGEC – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. 2004, 104p (Dissertação de mestrado).
- SCHÄFER A. G.; LOCH R. E. N. **Aplicação dos dados do sensor Laserscanner para modelagem do terreno visando projetos rodoviários.** Anais, XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 749-756.
- SCHIMALESKY V. ; CENTENO J. A. S. **Avaliação da qualidade da informação altimétrica derivada da varredura a laser em uma região coberta por vegetação: estudo de caso.** FLORESTA, Curitiba, PR, v. 38, n. 4, p. 597-606, out./dez. 2008.
- SEIFFERT, W. Q. **Modelo de planejamento para gestão territorial da carcinicultura marinha.** Florianópolis. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil- PPGEC – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.2003, 214p (Tese de doutorado).

- SEIFFERT, W. Q.; LOCH, C.; BELTRAME, E. 2001. **Carcinicultura Marinha e o Manejo Integrado de Recursos Costeiros**. Panorama da Aqüicultura. v.11. n.68. p.53-55.
- SEIFFERT, W. Q; LOCH, C. A, 2002. **A importância do Cadastro Técnico Multifinalitário para o desenvolvimento da maricultura no estado de Santa Catarina**. In: IV Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. COBRAC 2000. cd-rom.
- SEIFFERT, W., LOCH, C., 2002. **A gestão territorial dos recursos costeiros e a carcinicultura marinha**. In: IV Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. COBRAC 2002. cd- ROM
- SEIFFERT, W., LOCH, C., 2006.. **A Gestão territorial dos recursos costeiros e a maricultura** In: VI Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. COBRAC 2006. cd- ROM
- SIMONI, F. **Mapa temático aplicado à análise ambiental de bacia hidrográfica**. Florianópolis. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil- PPGECC – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. 2005. 113 f. (Dissertação Mestrado).
- TOBEY, J.; CLAY, J.; VERGNE, P. 1998. **Maintaining a Balance: the economic, environmental and social impacts of shrimp farming in Latin America**. Coastal Resources Management Project II. Coastal Resources Center. University of Rhode Island.
- VAN DE KRAATS E., **Airborne laser scanning: an operational remote sensing technique for digital elevation mapping in coastal areas**, in: Geomatics and Coastal Environment. Actes de Colloques, edited by J Populus and L Loubersac, (Editions de l'Ifremer, Brest, France) 1999. 149-158
- WAGNER, M. J. **Seeing in 3-D without the glasses: new mapping systems makes data acquisition faster and less costly**. EOM Magazine, Frederick, v. 4, n. 7, p.51-53, jul. 1995.
- WORLD BANK, NACA, WWF & FAO, **Shrimp Farming and the Environment**. A World Bank, NACA, WWF and FAO. Synthesis report. Work in Progress for public discussion. Published by the consortium, 2002. 119 p.
- ZANDONÁ F. D; LINGNAU C. ; MÜLLER M. ; MARTINS M. A. R. **Avaliação da precisão altimétrica do mapeamento digital a laser em áreas de cobertura vegetal densa**. Anais, XII

Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil,
16-21 abril 2005, INPE, p. 757-762.

9 Anexo

9.1 Projeto técnico

Capítulo I – localização do Investimento e Objetivos.

1.1 - Vias de acesso

A área onde será implantado o projeto deverá estar servida por acessos em bom estado de conservação e não muito distantes de centros urbanos e comerciais.

1.2 - Energia elétrica e comunicações

A área deverá ser atendida por linha de derivação em alta tensão. Os centros urbanos próximos devem ser servidos por agências bancárias, pela Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos e sistemas de telefonia fixa e móvel

1.3 - Disponibilidade de água e coleções hídricas

O manancial para a captação de água deve ser de ampla disponibilidade de água salgada durante todos os dias do ano. Pela sua disponibilidade, deverá garantir o suprimento do pleito em questão. A vazão requerida pelo projeto deverá ser atendida sem problema em decorrência do processo de captação a ser implementado.

1.4 - Aspectos Climatológicos

A condição climática da área que comportará o estudo deverá mostrar-se compatível com as condições ambientais de reprodução e desenvolvimento das larvas, de modo a facilitar a climatização dos laboratórios. Deve ser levado em consideração o clima, a temperatura e a precipitação média anual e umidade relativa do ar.

1.5 - Disponibilidade de Mão-de-Obra

A oferta de mão-de-obra será necessária para implantação e operação do empreendimento.

Capítulo II – Processo Tecnológico

2.1 - Escolha da Espécie

A escolha de uma espécie de camarão marinho para cultivo em viveiros deve seguir alguns critérios relacionados à proteínas em suas dietas alimentares e a performance dessa espécie nos cultivos em projetos adjacentes.

Dentre as várias espécies de Penaeídeos cultivados no mundo, o *Litopenaeus vannamei* é considerada a que representa melhor resultado em fazendas camaroneiras do Hemisfério Ocidental. Principalmente no Equador, Estados Unidos, México, Colômbia, Honduras, Panamá e Brasil, além de ser a espécie de camarão branco preferida do maior mercado consumidor de camarão do mundo - o Norte Americano.

A espécie indicada para o cultivo neste projeto, *L. vannamei*, é nativa da costa do Pacífico, sendo encontrada na América do Sul, Central e Costa do México. Seu cultivo em escala industrial tem sido realizado com muito sucesso em países como o Equador, Colômbia, Peru, Venezuela, além de outros. Introduzida no Brasil na década de setenta, essa espécie, em função da sua excepcional capacidade de aproveitamento de rações comerciais, do seu rápido crescimento e de sua rusticidade, tem-se constituído como importante propulsora da evolução tecnológica da carcinicultura marinha brasileira. Inicialmente cultivada nos estados do nordeste, essa espécie foi introduzida no Estado do Rio Grande do Norte, estando atualmente, difundida em toda a costa litorânea brasileira.

A história natural do *Litopenaeus vannamei* mostra que o ciclo de vida dessa espécie tem característica catádroma: adultos desovam em mar aberto, mas as pós-larvas (PLs) migram para os estuários. No habitat natural, os camarões da espécie *L. vannamei*, maturam, acasalam e desovam numa coluna de água com cerca de 70 m de profundidade na costa da América do Sul, Central e Norte, com salinidade de 35 ppt. Após a eclosão, as larvas passam por diversos estádios (Náuplios, Zoea e Mysis) e quando alcançam a fase de pós-larvas migram para a costa, permanecendo na parte rasa dos estuários, onde os níveis de alimentos

naturais são bem mais abundantes do que em oceano aberto. Depois de alguns meses no estuário, os camarões atingem a maturidade e em seguida retornam às águas mais profundas onde reiniciam o ciclo vital.

O *L. vannamei* tem uma boa performance em cultivo, se desenvolve muito bem em salinidade de 0,5 ~ 45 ppt e temperatura entre 28 - 32°C. Seu requerimento alimentar, em termos de ração peletizada para sistema de confinamento, pode variar de 22 - 40 % de proteínas, dependendo da intensificação do cultivo e da produtividade natural dos ambientes explorados. No entanto, vale ressaltar a suscetibilidade desta espécie as enfermidades virais, evidenciadas em surtos da mancha branca (WSSV) em Santa Catarina e da NIM (IMNV) na região Nordeste.

Apesar destes problemas técnicos enfrentados por esta espécie no Brasil, claros sinais de superação já podem ser observados. Os últimos anos têm apontando, para a retomada do crescimento da atividade de carcinicultura com esta espécie.

2.2 - Sistema de Cultivo

A concepção do projeto adotou o mecanismo semi-intensivo de produção, envolvendo o emprego cinco viveiros de engorda, destinados à aclimação e crescimento. Nos viveiros se procederá à engorda propriamente dita da espécie eleita, até a fase de comercialização.

O processo de recria e engorda dos camarões deverá estar fundamentado no programa de produção eficiente do alimento natural, especialmente no tocante ao fitoplâncton, fitobentos, zooplâncton e zoobentos, além da comunidade bacteriana, tendo em vista a importância que esse conjunto de alimentos representa para a nutrição dos camarões em cultivo. O programa de produção do empreendimento em referência deverá envolver de modo sequente as etapas descritas a seguir.

2.2.2 - Cultivo no Viveiro de Engorda

O projeto, aqui desenvolvido, conta com cinco viveiros de engorda com área média de 3,50 ha que por sua vez envolve uma área total útil de 17,58 hectares. A configuração topográfica dos leitos dos viveiros em comento permitirá que os mesmos sejam drenados rápida e facilmente, possibilitando um controle mais eficaz dos parâmetros de

produção, especialmente no que tange à preparação para o povoamento, possibilitando ainda, a utilização de densidades adequadas, o que resultará em altos níveis de produtividade.

a - Preparação

Inicialmente os viveiros deverão ser drenados totalmente, procedendo-se ao mesmo tempo, a limpeza e a vedação completa de suas comportas de adução e drenagem, expondo seus leitos aos raios solares, possibilitando a secagem completa da camada superficial dos seus solos, realizando-se neste intervalo de tempo, a limpeza completa do fundo e dos taludes.

A exposição do solo aos raios solares e a atmosfera, possibilitará a oxidação da matéria orgânica acaso existente e o arejamento da camada superficial do solo, promovendo a intensificação das trocas gasosas com as camadas mais profundas.

Como atividade seqüente, poderão ser efetuadas as análises de matéria orgânica, *pH* e as determinações do potencial de oxi - redução e o mapeamento do *pH* do solo do viveiro.

A constatação de níveis de matéria orgânica renascente superiores a 5% estará, via de regra, associada a potenciais hidrogeniônicos ácidos, ou ligeiramente ácidos, bem como ao estado de redução dos solos, implicando na necessidade de correções, minimizando, por conseguinte, os futuros efeitos danosos ao desenvolvimento dos camarões em cultivo.

Para se evitar a ocorrência dos problemas acima relatados, deverá ser adotado como prática sistemática, o revolvimento da camada superficial do solo (gradagem manual ou mecânica) e a incorporação de calcário dolomítico na proporção de 500 a 2.500 kg/hectare, ao final de cada cultivo, possibilitando desse modo, além da elevação do *pH*, a mineralização da matéria orgânica existente na camada ligeiramente inferior do solo.

As áreas alagadas, acaso existentes, impossibilitadas de drenagem e secagem total, deverão ser tratadas com cal virgem (500 kg/ha), efetuando-se em seguida, o revolvimento do solo por gradagem manual ou mecânica. A aplicação da cal virgem, além de promover a rápida elevação do *pH* do solo, funcionará também como mecanismo de erradicação dos organismos competidores, predadores e patógenos, potencialmente danosos aos camarões em cultivo.

b - Abastecimento e Povoamento

Concluída a operação de esterilização, os viveiros deverão ser inicialmente abastecidos com uma lâmina d'água de 50 a 60 cm, quando se deve iniciar a aplicação da primeira dosagem de fertilizantes minerais, compreendendo o uso de uréia e superfosfato triplo na razão de 10 e 1 kg/ha, respectivamente. O viveiro deve ser povoado entre o 10º e o 12º dia de preparação e o nível d'água completado em 10-15 cm diariamente até atingir a lâmina desejada.

A manutenção da disponibilidade de nutrientes deverá ser feita através de fertilizações de cobertura, na proporção de 5 e 0,5 kg/ha duas vezes por semana de uréia e superfosfato triplo, respectivamente, os quais serão previamente solubilizados em água.

As fertilizações supra citadas terão por objetivo o incremento dos níveis de nutrientes, estimulando a proliferação em massa do fitoplâncton, que por sua vez, proporcionará a reprodução em larga escala do zooplâncton e do zoobentos, principais ingredientes da dieta alimentar dos camarões na fase juvenil. Por outro lado, a comunidade planctônica e particularmente o fitoplâncton será extremamente importante na estabilização das condições hidrobiológicas dos viveiros, produzindo oxigênio, absorvendo gás carbônico e os resíduos nitrogenados, além de contribuir para a redução da luminosidade no substrato, minimizando a proliferação de algas bentônicas e inibindo potencialmente a produção de bactérias patogênicas.

Caso necessário, além da fertilização química, deverá ser realizada fertilização orgânica, através do emprego de farelados de soja ou trigo.

O uso de farelados em decorrência de sua relação “carbono-nitrogênio” mais adequada, possibilita um processo de mineralização mais rápido que outros fertilizantes orgânicos, demandando uma menor quantidade de oxigênio dissolvido. Mesmo assim, a utilização deve ser precedida de cuidados para que não ocorra depleção de oxigênio. Os farelos também servirão como alimento para o zooplâncton e para os pequenos camarões, porém, não pode ser considerado como um alimento de tão boa qualidade quanto o complemento artificial (ração). A combinação de farelos e fertilizantes inorgânicos pode ser utilizado para estimular o “*Bloom*” do zooplâncton e do zoobentos nos viveiros.

Deverão ser realizadas, quando necessário, aplicações em uma proporção de 5 a 6 ppm.

A produção de camarões pode subir sensivelmente através da aplicação de fertilizantes, porém, uma produção ótima pode ser obtida através de combinação de fertilização, farelados e de alimentação suplementar. Nos viveiros, os camarões utilizam bastante o alimento natural (zoo e fito, plâncton e bentos), e o acréscimo na produção pode ser conseguido tanto pelo aumento da disponibilidade desses alimentos, quanto pelo consumo da alimentação suplementar, que também estimula a produção do alimento natural, mediante dissolução de parte das partículas (pellets) ministradas.

- Águas com altas concentrações de nitrogênio e ou fósforo não requerem tanta fertilização quanto com teores menores desses nutrientes.

- Fertilizações em ambientes eutróficos aparentam ser menos importante do que uma alimentação adequada.

- Diatomáceas são boas fontes de alimentação para os camarões, sua concentração pode ser maior através de fertilizações.

- Altas taxas de alimentação e fertilização causam um “*Bloom*” do fitoplâncton e aumentam a probabilidade do decréscimo de oxigênio dissolvido.

- Baixas salinidades associadas com altas concentrações de fósforo favorecem o “*Bloom*” de algas verdes azuladas.

- Fertilizações e arraçoamento aumentam a turbidez, necessitando-se do controle eficaz da qualidade da água, através do processo de aeração mecânica.

- Trocas d’água, carregam para fora dos viveiros os nutrientes requeridos pela cadeia alimentar natural.

A eficácia das fertilizações, visualmente detectada pela mudança de coloração da água dos viveiros, deverá ser ratificada pelas análises hidrobiológicas rotineiramente realizadas, compreendendo as medições de temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, pH (as 00:00 e 14:00 horas) e as avaliações de transparência (às 14:00 horas), diariamente efetuadas além das determinações quali-quantitativas do fito e zooplâncton, feitas a cada três dias.

Uma vez conseguida a estabilização dos parâmetros físico-químicos e obtidas a disponibilidade adequada de alimentos naturais (cerca de 80 a 100.000 cel/ml de fitoplâncton com predominância de

diatomáceas, e 100 a 2.000 ind/l de zooplâncton), o viveiro estará apto para ser estocado.

Os povoamentos deverão ser realizados sempre às primeiras horas da manhã, procedendo-se à liberação dos juvenis, prévia e adequadamente adaptados às novas condições ambientais.

c - Tratos culturais

No decorrer do cultivo, deverão ser analisados diariamente os parâmetros referentes a *pH*, transparência, salinidade, oxigênio dissolvido, além de análises periódicas da quantidade de alimento natural disponível e de parâmetros como: amônia, nitrito, nitrato, fosfato e silicato.

A turbidez na água do viveiro pode ser observada, através da utilização de um disco de Secchi, medindo 20 cm de diâmetro, com face pintada alternadamente nas cores branca e preta o qual pode ser afixado em uma vara graduada ou em cordão de nylon com escala graduada em centímetros. Para observar a turbidez, introduz-se o disco gradativamente na água, até que o mesmo desapareça e em seguida puxa-se o disco até que ele reapareça e mede-se a profundidade na régua graduada. Consideram-se como visibilidade ótima, profundidades entre 30 e 40 cm, considerando-se que a transparência é afetada por dois tipos de turbidez: (1) resultante do *bloom* de fitoplâncton e outros alimentos naturais, e (2) causada pela suspensão de partículas sólidas.

Quando a visibilidade do disco Secchi for menor que 40 cm, as fertilizações devem ser realizadas com menos frequência e em doses menores. Abaixo de 30 cm as fertilizações deverão ser mais criteriosas, e deve-se proceder uma maior aeração da água. Com 50 cm de visibilidade, deve-se recircular uma maior quantidade da água do viveiro, proceder-se a novas fertilizações e completar o nível até atingir a lâmina desejada.

A relação entre o *pH* e o cultivo de animais aquáticos é de grande importância. Valores menores que 4 e maiores que 11 indicam pontos letais. Na prática, para águas estuarinas, o *pH* em torno de 8,0 a 9,0 é considerado adequado. Em *pH* = 7, significa dizer que a concentração de íons H^+ e $-OH$ se encontram em igual concentração.

O fitoplâncton utiliza CO_2 (dióxido de carbono) no processo de fotossíntese, o que leva a alterações nos valores de *pH* no decorrer do dia.

Nesse processo, os íons H^+ são utilizados na hidrólise do CO_3 , o que resulta em maior quantidade de moléculas OH^- e menor quantidade H^+ , ocorrendo um aumento nos valores de *pH* durante o dia. À noite, o CO_2 não é utilizado pelo fitoplâncton, porém os organismos em cultivo o produzem como resultado da respiração. Durante a noite, o CO_2 reage com o CO_3 e H_2O o que resulta em um aumento da concentração de íons H^+ , ocorrendo um decréscimo no *pH*.

As taxas de oxigênio dissolvido requerido pelos animais aquáticos são bastante variáveis e dependem das espécies, tamanho, alimento consumido, atividade, temperatura da água, concentração de oxigênio dissolvido, etc. De um modo geral, a concentração deve estar o mais próximo possível de 5,0 mg/litro. Abaixo deste limite, pode haver um decréscimo no crescimento e abaixo de 1,0 mg/litro, aproxima-se a fase letal.

A alcalinidade é outro importante parâmetro a ser observado no cultivo de camarões marinhos. É definida como a concentração total de bases solúveis na água. Primariamente, as bases na água são HCO_3^- . A alcalinidade total é expressa em mg/l equivalente ao carbonato de cálcio ($CaCO_3$). A dureza total é definida como a concentração total de íons bivalentes na água. Também expressa em mg/l de $CaCO_3$. Cálcio e magnésio são os íons mais divalentes na água.

Os valores da alcalinidade devem se situar entre 50 e 150 mg/l de $CaCO_3$, quando a alcalinidade está abaixo de 50 mg/l, deve-se aplicar calcário dolomítico.

Em águas estuarinas a alcalinidade é geralmente alta, porém, existem áreas onde os solos são ácidos e faz-se necessária à aplicação de calcário.

Caso seja necessário, o calcário deve ser aplicado entre 500 até 2.500 kg/hectare na preparação dos viveiros. No decorrer do cultivo, para correções, podem ser empregados até 100 a 200 Kg/hectare/aplicação.

Os camarões são bastante tolerantes as baixas concentrações de oxigênio dissolvido, inclusive, juvenis de *L. vannamei* podem sobreviver até 16 dias quando expostos continuamente a 1,17 mg/litro de oxigênio dissolvido, contudo são valores extremos e não se deve trabalhar fundamentado nos mesmos, devendo-se obedecer sempre o limite mínimo de 3,0 mg/litro para as primeiras horas da manhã, pois baixas concentrações de oxigênio dissolvido causam estresse aos camarões, afetando o seu processo de osmorregulação e

conseqüentemente, de alimentação e crescimento, razão pela qual, todos os viveiros deverão receber aeração artificial mediante o uso de aeradores de palhetas.

De um modo geral, deve-se adequar a água do cultivo aos seguintes parâmetros:

Parâmetros	Variação
temperatura	28-32°C
salinidade	0,5-45 ppt
transparência	30-45 cm
cor	preferencialmente marrom
profundidade	1,0-2,0m
oxigênio dissolvido	> 3 ppm
pH	8-9
alcalinidade	50-150 mg/litro
dióxido de carbono	< 20 mg/litro
amônia total	< 1,0 mg/litro
nitrito	< 0,1 mg/litro
gás sulfídrico	< 0,001 mg/litro

d - Sistema de Arraçamento

Nos viveiros de engorda, os camarões mantidos na densidade 25 indivíduos/m² deverão ser alimentados com ração comercial, 30 - 37% de proteína, que deverá ser ofertada no mínimo, três vezes ao dia.

A taxa de arraçamento deverá ser inicialmente de 6% da biomassa em cultivo, e gradativamente será ajustada pelos próprios camarões, de forma que esse valor se reduzirá a 1% ao final do cultivo.

No sistema de arraçamento tradicional o ajuste da quantidade de ração a ser ofertada pelo método de voleio, é feito através do conhecimento da biomassa e da estimativa das taxas de sobrevivência. Recomenda-se o arraçamento feito através de comedouros (bandejas) fixos, distribuídos homoganeamente em todos os viveiros, na razão de 30 unidades/hectare.

A ração representa 25-30 % dos custos de produção, além do que, sobras desses produtos podem acarretar a deposição de matéria no fundo dos viveiros, o que induz a proliferação de bactérias e fungos, redução dos níveis de oxigênio e uma série de fatores prejudiciais ao cultivo e ao meio ambiente.

Considerando que no início do cultivo os juvenis ainda muitos pequenos não possuem a capacidade de se deslocar rapidamente para ir a busca do alimento e ainda estão se adaptando ao novo ambiente, o alimento deverá ser distribuído por voleio até cerca de 20 dias de cultivo, sendo as quantidades ajustadas como no sistema tradicional. Após este período, será utilizado o sistema de comedouros.

A implementação deste sistema consistirá no emprego de comedouros fixos, posicionados de modo equidistante formando seções alinhadas e paralelas aos diques. Tais bandejas deverão ser confeccionadas em “virolas” de pneus usados com telado com malha de 1mm, cujos posicionamentos deverão ser demarcados por estacas de madeira e bóias de isopor atadas às mesmas por cordões de nylon, que deverão ser usados para sua içagem no instante da aplicação da ração. Cada estaca contará em sua seção superior um marcador de madeira contendo dois semicírculos de nylon “100” contendo anéis de cores variadas, com valores arbitrados para, mediante o deslocamento para a direita, expressarem o total de ração colocado.

A distribuição diária do alimento é feita em três horários distintos: 08:00; 12:00 e 16:00 horas, utilizando-se “caiaques” confeccionados em fibra de vidro e movidos a remo. Para o primeiro arraçoamento, uma quantidade calculada em função da biomassa em estoque, será distribuição igualmente em todos os comedouros, de modo que, as correções só deverão ocorrer a partir do segundo arraçoamento, baseando-se na quantidade fornecida no arraçoamento anterior e na visualização das sobras acaso existentes.

É importante lembrar que as argolas ou anéis indicam a quantidade de ração colocada no comedouro e a redução ou acréscimo depende da quantidade anteriormente colocada e do bom senso do arraçoador.

Em decorrência dos seus inúmeros aspectos positivos, a adoção do sistema de comedouros, possibilitará o adequado fomento alimentar dos camarões em cultivo, evitando os transtornos decorrentes da sub e super alimentação, proporcionando em contrapartida a redução substancial das taxas de conversão alimentar e conseqüentemente, dos

custos de produção deste projeto, contribuindo desta forma, para o incremento da sua rentabilidade e sustentabilidade.

Durante todo o processo de cultivo, deverá ser exercido um rigoroso controle do ecossistema empregado, tendo por objetivo maior, proporcionar aos animais em cultivo, o saudável e rápido processo de desenvolvimento, cujas avaliações deverão ser procedidas de modo constante por meio das observações visuais e contabilizadas semanalmente através de biometrias.

As biometrias deverão ser realizadas semanalmente, através da pesagem de uma amostra significativa da população dos camarões em cultivo. Para tanto, os camarões deverão ser capturados através do uso de tarrafas.

e - Despesca e Acondicionamento

Passados cerca de 90 dias de cultivo no viveiro de engorda, quando os camarões deverão atingir um peso médio de 11 a 12 gramas, será dado início ao processo de despesca.

As colheitas ou despescas deverão ser realizadas preferencialmente à noite devido à coincidência com o horário de maior movimento dos camarões, bem como em decorrência das temperaturas mais amenas, minimizando-se desta forma o estresse dos animais, com reflexos positivos sobre a manutenção da sua qualidade.

A colheita será feita mediante a drenagem gradual do viveiro e a posição de redes tipo “bag-nets” em sua comporta de drenagem. Dois dias antes da despesca, a água do viveiro será gradativamente diminuída. A despesa será iniciada com cerca de 30% do volume do viveiro, o que facilitará a operação. Com o nível da água mais baixo, o monitoramento do oxigênio dissolvido e da temperatura será realizado com mais frequência. Os camarões, arrastados pelas correntes, deverão ser aprisionados nas redes, sendo coletados em intervalos variáveis com a frequência de sua saída. Logo que capturados, ainda no viveiro, os camarões deverão ser colocados em caixas isotérmicas com capacidade de 500 litros, onde receberão choque térmico com água a 5°C, sendo em seguida imersos em solução de meta-bi-sulfito de sódio a 1,25% por quinze minutos. Após tal processo, os camarões são colocados em caixas de isopor com capacidade de 30 kg, em camadas alternadas com gelo e transferidos para serem beneficiados congelados e estocados para futura comercialização.~

2.3 - Sistema de Captação e elevação de água.

A captação da água se dará por vasos comunicantes. Por um canal escavado que liga a Bacia de Sedimentação e o estuário. A água será transportada pelo canal de escavado em terreno natural. O fundo do canal estará na cota da baixa mar da localidade. A utilização deste tipo de canal deve-se aos seguintes aspectos:

- 1 – Altura da Preamar na localidade de 1,9 m;
- 2 – Altura da Baixa-mar na localidade de 0,0 m;
- 3 - Os canais podem ser de diferentes formas geométricas, sendo os mais utilizados em projetos de carcinicultura os de formas trapezoidais.
- 4 - Recomendam-se, para qualquer projeto de carcinicultura, utilizar uma velocidade média máxima nos canais de abastecimento e escoamento de 0,2 m/s.

5- Volume de água necessário para a operação do empreendimento,:

$V = 10.000 \text{ mil m}^3 / \text{dia}$, logo $V = 0,37 \text{ m}^3 / \text{s}$, para 8 horas de bombeamento diário.

Em uma segunda etapa a água será elevada pelo uso de uma motobomba da bacia de sedimentação até o canal de abastecimento, que por diferenças de níveis irá abastecer os viveiros.

Paralelamente a isto, a experiência em campo mostra que nos canais escavados e canais de abastecimento os constantes fluxos e refluxos de água salgada, trazem consigo semente de mangues e estes se desenvolvem. Entendendo que a forma menos impactante ao o meio ambiente seria o canal escavado.

2.4 - Controle e tratamento de efluentes e sedimento

As águas estuarinas geralmente possuem uma grande quantidade de sólidos em suspensão, os quais estão representados por partículas de solos e de matéria orgânica. As águas dos rios, ao contrário, especialmente no período da estação seca, são muito mais pobres em material e partículas em suspensão. Essas partículas se originam da erosão e do processo de lixiviação dos rios, agravados por desmatamentos e práticas inadequadas na agropecuária.

Nos projetos de carcinicultura, após a adução da água para a bacia de sedimentação, que também funciona como canal de alimentação, a turbulência diminui e grande parte dos sólidos em suspensão se decanta. Nos viveiros, embora com muito menos sedimento, dada na bacia de sedimentação e nos canais de adução, a água passa a receber uma carga de matéria orgânica que se incrementa com a duração dos cultivos, resultante do emprego de alimentos artificiais e das fertilizações, de modo que, ao final dos ciclos de cultivo, o sedimento geralmente possui uma maior quantidade de matéria orgânica, cuja mineralização por bactérias, associada à respiração dos demais seres vivos, requerem uma determinada oferta de oxigênio, proporcional à matéria orgânica e a biomassa. A transformação da matéria orgânica está associada à proliferação de microorganismos que a utilizam para sua alimentação. Por esse motivo, é de fundamental importância o controle da quantidade de ração a ser ofertada, no sentido de que não ocorram sobras excessivas. Os fatores que afetam a taxa de decomposição da matéria orgânica são: temperatura, pH e a própria natureza da matéria orgânica.

O controle do sedimento e a mineralização da matéria orgânica dos viveiros envolverá inicialmente nesse projeto, apenas a revirada do solo, correção de pH e exposição dos viveiros aos raios solares e à ação da atmosfera a cada final de ciclo produtivo. Para a oxidação da matéria orgânica acaso acumulada em suas etapas posteriores será usada a bacia sedimentação com 2 m de profundidade média, e uma área de 39.000 m² o que corresponde a um volume de 78.000 m³.

2.4.1 - Sistema de Tratamento de Efluentes e Recirculação

Seguindo as normas ambientais, será adotado a prática de recirculação das águas associada ao uso de canais escavados funcionando como bacias de sedimentação. Desta forma, as águas quando da sua permanência no canal, poderão ser rebombadas para o canal de abastecimento (através de uma bomba) ou devolvidas ao ambiente após o processo de sedimentação. No interior do canal escavado, deverão ser cultivadas ostras e plantas aquáticas, o que irá transformar este canal em um biofiltro, depurando a água e contribuindo desta forma para uma igualdade no tocante aos parâmetros físico-químicos e biológicos (DBO, alcalinidade, turbidez, salinidade, oxigênio dissolvido, percentagem de oxigênio dissolvido, pH, temperatura,

clorofila-a, nitrogênio amoniacal total, nitrito, nitrato, ortofosfato, Fósforo particulado e Fósforo total) das águas de captação e descarga. A bacia de sedimentação receberá a água de drenagem dos viveiros. A entrada de água na bacia será feita através de vasos comunicantes em um canal escavado. A saída de água, quando não rebombadas para o canal de abastecimento, se dará pela drenagem através do mesmo, após o período mínimo de 3 dias.

2.4.2 - Caracterização dos Efluentes

Os efluentes gerados pelo empreendimento podem ser ricos em nutrientes, alimentos naturais, materiais orgânicos e sólidos em suspensão apresentado na forma particulado ou dissolvido na água. Os materiais particulados são na maioria detritos orgânicos proveniente das fezes dos camarões, carapaças (exoesqueleto), sobras de ração e fertilizantes. Os solúveis são geralmente sub-produtos inorgânico dos processos metabólicos como amônia, dos processos de nitrificação e desnitrificação como nitrito e nitrato outros compostos como fosfato e dióxido de carbono. A composição (qualitativa e quantitativa) do efluente geralmente apresenta melhor qualidade do que comparadas com a água afluyente.

A qualidade dos efluentes normalmente é avaliada através dos parâmetros físico-químicos e biológicos entre eles podemos citar: DBO, material em suspensão, nitrato, fosfato e etc.

2.4.3 - Estimativa de Efluentes Gerados

Para estimativa dos efluentes gerados deverá ser levado em consideração os seguintes aspectos:

→ Área da Lâmina de Água do Empreendimento

→ Altura média da Lâmina de Água

→ Volume Médio de Água do Empreendimento

→ Taxa de Renovação Diária (TRD) considerando os processos de infiltração, evaporação e trocas de água. Para efeito de cálculo do dimensionamento da estimativa de efluentes gerados, devem-se desconsiderar os valores com infiltração e evaporação, visto que os mesmos não geram efluentes.

→ Volume de Efluentes da Despesca (VED) - deve-se considerar o numero de despesca/viveiro a cada ano e o volume gerado pelos mesmos.

Logo, a quantidade de Efluentes Gerados (EG) será: $EG = TRD + VED$.

2.4.4 - Bacia de Sedimentação

O sistema de bacia (lagoa) de sedimentação consiste na forma mais simples de tratamento de efluentes, sendo bastante indicada para as condições da área em questão:

→ Disponibilidade de área; Clima favorável (Temperatura e insolação elevadas);

→ Construção e Operação Simples; Necessidade de pouco ou nenhum equipamento;

→ Satisfatória remoção de DBO; Requisitos energéticos nulos.

A literatura reporta que empreendimentos já em funcionamento com este sistema, a eficiência de remoção é a seguinte: DBO 85%, Nitrogênio 50%, Fósforo 60% e Coliformes 99%. Quando o efluente entra na bacia o longo tempo de detenção, possibilita uma série de processos físicos, químicos e biológicos que contribuem para purificação dos efluentes. A matéria orgânica em suspensão (DBO particulada) vindo a sedimentar constitui o lodo de fundo, este sofre o processo de decomposição por microorganismo anaeróbios (biológica), sendo convertido em gás carbônico, água, metano e etc (química). A matéria orgânica dissolvida (DBO solúvel) não sedimenta, ficando dispersa na camada mais superficial (zona aeróbia), nesta a matéria é oxidada por meio da respiração aeróbia (biológica), para isto é necessário à presença de oxigênio e conseqüentemente deve ocorrer a fotossíntese (química) e para isto é necessária a energia luminosa (física). Outros fatores importantes neste caso são a temperatura e o pH. Este com a tendência neutra para básico remove, ser for o caso, o metais pesados tóxicos através de precipitação destes na forma de hidróxidos, formando o lodo. Para uma maior eficiência da bacia de sedimentação pode-se integrar algas à bacia, pois estas utilizam amônia, nitrogênio, nitrato e fósforo para o crescimento, agindo como poderosos biofiltros. Pode-se ainda integrar com organismos filtrantes no caso de ostras, pois estes filtram o excesso de plânctons.

Seguindo a orientação dos órgãos ambientais, o tempo de detenção para o empreendimento, visto que o mesmo reutilizará a água da bacia de sedimentação, será de três dias.

2.4.5 - Recirculação da Água.

Tendo em vista que o problema da água no mundo e mais precisamente no Nordeste brasileiro é uma realidade. O empreendimento deverá por em pratica o sistema de reuso de água. A água reutilizada inicialmente passará pela bacia de sedimentação, logo após o tempo de residência retornará ao sistema através de bombas centrífugas.

A recirculação se faz ainda necessário devido ao fato da baixa salinidade durante o período chuvoso, sendo necessário desta forma manter um bom nível de salinidade, produtividade e conseqüentemente a recirculação .

Inúmeras vantagens possuem o sistema de reuso da água, entre elas:

- Garantia de água com altas produtividades;
- Diminuição dos custos com bombeamento
- Diminuição dos Impactos ambientais com o não lançamento no rio

Já dito anteriormente o reuso será realizado por duas bombas centrífugas, localizada no dique da bacia de sedimentação, e levará a água até os canais e viveiros. A taxa de reuso do empreendimento está prevista para uma reutilização em torno de 70% da quantidade de água do canal escavado.

2.4.6 - Regime de Despejo dos Efluentes

Por ocasião das renovações de água e da despesca a água será direcionada de volta para a lagoa de sedimentação através de comportas de alvenaria.

Estando essa dimensionada para receber efluentes de até três dias consecutivos sem precisar esvaziar, a água permanecerá neste reservatório durante o tempo requerido para sedimentação dos sólidos e tratamento dos compostos orgânicos e DBO.

Após os 3 dias 70% da água acumulada na bacia de sedimentação deverá ser direcionada para os viveiros, promovendo a

recirculação das águas do empreendimento ou descartada para o estuário pelo canal escavado.