

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA MECÂNICA

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA MECÂNICO PARA
DESLOCAMENTO DE ESTRUTURAS DE CULTIVO DE OSTRAS

Dissertação submetida à

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

para a obtenção do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA

ALDRWIN FARIAS HAMAD

Florianópolis, Agosto de 2005

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA MECÂNICA

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE MECÂNICO PARA DESLOCAMENTO DE
ESTRUTURAS DE CULTIVO DE OSTRAS

ALDRWIN FARIAS HAMAD

Esta tese ou dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

MESTRE EM ENGENHARIA

ESPECIALIDADE ENGENHARIA MECÂNICA
sendo aprovada em sua forma final.

Prof. Fernando Antônio Forcellini, Dr.Eng. – Orientador

José Antonio Bellini da Cunha Neto, Dr.- Coordenador do Curso

BANCA EXAMINADORA

Prof. André Ogliari, Dr. Eng.

Prof. Jaime Fernando Ferreira, Dr.

Prof. José Carlos Pereira, Dr.Eng.

"Se um problema tem solução, não vale a pena se preocupar com ele. Se não tem, preocupar-se não adiantará nada."

Dalai Lama

Dedico este trabalho à memória de meu tio, Antônio José Simões Hamad e a tudo que ele representou em minha vida pessoal e acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Professor Fernando Forcellini, pelo risco assumido ao confiar em mim, pela confiança dedicada durante o desenvolvimento do trabalho. Pelos ensinamentos, pela valiosa orientação, pelo empenho na disponibilização dos recursos necessários à condução desta pesquisa, pela segurança de poder contar com a sua amizade a qualquer momento e pelos exemplos de integridade e perseverança diante de adversidades.

Aos meus pais, Jorge e Mercedes Hamad e a minha irmã Aylhana pela vida, pela família, pelos exemplos, pela referência, pelo amor, carinho e por me proporcionarem tantas e tão diversas oportunidades de trilhar meu próprio caminho.

À dona Marcela pela paciência, coragem, carinho, amor e pelas perspectivas futuras, que mesmo de longe, soube como me apoiar e me dar forças nos momentos mais difíceis.

Ao amigo Célio e família pelas oportunidades, aprendizados e experiência oferecidos durante esta jornada.

Aos amigos Fábio Santana e Márcio Catapan pela amizade, companheirismo, informações, discussões, apoio e momentos de descontração fundamentais para tornar este trabalho mais agradável.

Ao amigo Roberto José Dias de Andrade (Betão) pela fundamental ajuda no desenvolvimento deste trabalho, pela descontração, pelo bom humor e por todo o aprendizado que pude adquirir em seu convívio.

Aos amigos do Nedip, GEPP e demais laboratórios da mecânica: Alexandra, André Novaes, Andréa, Andrei Cavalheiro, Brasil, Calil, Claiton, Carlos Leonel, Carrafa, Cristiano Kulman, Elisângela, Fabinho, Feca, Fernando Espinosa, Gitirana, Gunther, Ivo Jr., Márcio Giacomini, Roberto, Silvana, Tati, Thales, Túlio, Viviane e Washington.

Ao produtor Fernando Santana pela credibilidade, confiança e empenho fundamentais para a finalização deste trabalho.

Ao LMM, na figura do Prof. Jaime, Profa. Aimê, Jackson, Bruno, Julio e demais bolsistas e técnicos que colaboraram de forma valiosa com o desenvolvimento das pesquisas e testes do protótipo.

Aos produtores da fazenda marinha Atlântico Sul, Nelson e Fábio e aos demais produtores de Santo Antônio de Lisboa, Sambaqui e do Ribeirão da Ilha pelas informações durante a pesquisa.

À EPAGRI representada pelos especialistas Chico Neto e Rafael pelas informações sobre mecanização na maricultura.

Aos professores, de todo o meu histórico acadêmico que contribuíram para o meu crescimento intelectual e humano que resulta neste trabalho.

Aos amigos e amigas que por força deste empenho souberam compreender (ou comemorar) minha ausência de seu convívio sem deixar de me proporcionar o apoio, carinho, estupidez, consolo e boas risadas. Para não cometer injustiças, prefiro não citar nenhum nome, mas quem é amigo sabe que está citado aqui.

Aos Professores da banca, José Carlos Pereira, Dr. Jaime Fernando Ferreira e André Ogliari pelas valiosas contribuições para a melhoria deste.

Ao povo brasileiro pelo custeio desta pesquisa através do CNPq que me concedeu uma bolsa de estudos, à FIPAI e IFM pelas colaborações financeiras para a pesquisa e para a construção do protótipo.

À UFSC pelo espaço, ao Departamento de Engenharia Mecânica pelo programa de pós-graduação.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE QUADROS	XV
LISTA DE TABELAS	XVI
RESUMO	XVII
ABSTRACT	XVIII
CAPÍTULO 1	1
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 O CULTIVO DE MOLUSCOS	1
1.2 SITUAÇÃO DA PRODUÇÃO DE MOLUSCOS	2
1.2.1 Fatores limitantes	5
1.3 DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTOS PARA MARICULTURA.....	8
1.4 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	8
1.5 ANÁLISE DOS PROBLEMAS DO MANEJO DAS ESTRUTURAS DE CULTIVO	10
1.6 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE PROJETO	10
1.7 OBJETIVOS E CONTRIBUIÇÕES	12
1.7.1 Objetivos Gerais	12
1.7.2 Objetivos específicos	12
1.7.3 Contribuições	12
1.8 METODOLOGIA UTILIZADA NO TRABALHO	13
1.9 ESTRUTURA DO TRABALHO	14
CAPÍTULO 2	16
2 ESTADO DA ARTE	16
2.1 INTRODUÇÃO AO ESTADO DA ARTE.....	16
2.2 CULTIVO.....	16
2.2.1 Cultivo inicial.....	17
2.2.2 Cultivo intermediário	17
2.2.3 Cultivo final.....	17
2.3 SISTEMAS DE CULTIVO.....	18
2.4 PROCESSO DE MANEJO.....	22
2.4.1 Análise ergonômica do manejo	24
2.5 EMBARCAÇÕES USADAS NO MANEJO	28
2.5.1 Embarcações de alumínio	30
2.5.2 Embarcações de Madeira	31
2.5.3 Embarcações de Fibra de vidro	32
2.6 MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO CULTIVO DE OSTRAS NO BRASIL.	33
2.6.1 Embarcação Francesa – Mulot®.....	35
2.6.2 Baleeira adaptada com guincho mecânico	36
2.6.3 Baleeira adaptada com guincho Manual	36
2.6.4 Embarcação chilena em fibra de vidro com guincho hidráulico e manual	37
2.6.5 Embarcação de fibra de vidro adaptada com braço hidráulico	38
2.7 MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO CULTIVO DE OSTRAS NO EXTERIOR.	40
2.8 CONSIDERAÇÕES SOBRE O ESTADO DA ARTE.	42

CAPÍTULO 3	45
3 PROJETO INFORMACIONAL	45
3.1 PROJETO INFORMACIONAL	45
3.2 REVISAR E ATUALIZAR O ESCOPO DO PRODUTO	46
3.3 CICLO DE VIDA DO PRODUTO	48
3.3.1 Definir os clientes do projeto a partir do ciclo de vida do produto.....	50
3.4 IDENTIFICAR AOS REQUISITOS DOS CLIENTES DO PRODUTO	51
3.5 DEFINIÇÃO DOS REQUISITOS DE <i>PRODUTO</i>	54
3.6 HIERARQUIZAÇÃO DOS REQUISITOS	56
3.6.1 Utilização do QFD	56
3.7 ESTABELECIMENTO DAS ESPECIFICAÇÕES.....	57
3.8 ANÁLISE DO PROJETO INFORMACIONAL	60
CAPÍTULO 4	63
4 PROJETO CONCEITUAL	63
4.1 INTRODUÇÃO AO PROJETO CONCEITUAL	63
4.2 MODELAGEM FUNCIONAL	64
4.2.1 Estabelecer a função Global	66
4.2.2 Estabelecer estruturas funcionais.....	66
4.3 PESQUISAR POR PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO.....	71
4.4 COMBINAR PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO	74
4.5 DEFINIR ARQUITETURA.....	77
4.6 SELECIONAR A ALTERNATIVA.....	84
4.7 ANALISAR SISTEMAS, SUBSISTEMAS E COMPONENTES.	88
4.7.1 Estrutura de Suporte elevada	93
4.7.2 Interface dos subconjuntos com a Embarcação	96
4.7.3 Fixação e trilhamento.....	96
4.7.4 Viga I	97
4.7.5 Trole	98
4.7.6 Plataforma de estabilização.....	101
4.7.7 Hastes de suporte e regulagem	102
4.7.8 Sistema de tração	103
4.8 CONCEPÇÃO FINAL COM DEMAIS COMPONENTES.....	104
4.9 OBSERVAÇÃO SOBRE A ANÁLISE ESTRUTURAL.....	105
4.10 CONSIDERAÇÕES SOBRE O PROJETO CONCEITUAL	106
CAPÍTULO 5	108
5 PROJETO DETALHADO E FABRICAÇÃO DO PROTÓTIPO	108
5.1 INTRODUÇÃO	108
5.2 ESTABELECIMENTO DOS REQUISITOS DETERMINANTES	109
5.3 DIMENSIONAMENTO DOS SUBSISTEMAS E COMPONENTES DO PROTÓTIPO.....	110
5.3.1 Estrutura de suporte elevada	116
5.3.2 Subsistema de apoio e união componentes/embarcação.....	117
5.3.3 Roda estrela	118
5.3.4 Viga I	120
5.3.5 Trole	122

5.3.6	Plataforma de estabilização	123
5.3.7	Hastes de suporte e regulagem	124
5.3.8	Sistema de tração	126
5.3.9	Sistema de polias	127
5.3.10	Demais componentes	127
5.4	ESTIMATIVA DE CUSTOS DO PROTÓTIPO	128
5.5	CONSIDERAÇÕES SOBRE O PROJETO DETALHADO E FABRICAÇÃO DO PROTÓTIPO	129
	CAPÍTULO 6	130
6	TESTES DO PROTÓTIPO E RESULTADOS OBTIDOS	130
6.1	INTRODUÇÃO AOS TESTES DO PROTÓTIPO	130
6.2	EMBARCAÇÕES USADAS NOS TESTES	131
6.2.1	Embarcação A	131
6.2.2	Embarcação B	133
6.3	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DOS TESTES	135
6.4	ATENDIMENTO DAS ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO	136
6.4.1	POSIÇÃO DO USUÁRIO NO MOMENTO DO MANEJO	140
6.4.2	Força necessária para elevação	141
6.4.3	Tempo de ciclo	143
6.4.4	Subsistema do Trole	146
6.4.5	Subsistema de fixação e trilhamento do espinhel	146
6.4.6	Sistema auxiliar de estabilização	147
6.5	CONSIDERAÇÕES SOBRE OS TESTES DO PROTÓTIPO	147
	CAPÍTULO 7	149
7	CONCLUSÕES	149
7.1	CONCLUSÕES	149
7.2	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	156
	REFERÊNCIAS	158
	APÊNDICES	162
	Apêndice B – Relatório de análise estrutural do programa COSMOSXpress®	164
	Apêndice C – Desenhos Técnicos	167
	ANEXOS	220

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1- A – MEXILHÃO ABERTO PARA CONSUMO / B – OSTRAS DO PACÍFICO	2
Figura 1.2- Receita bruta resultante da venda da safra de Ostras e Mexilhões em Florianópolis 1995/2003, Florianópolis, abril 2005. Fonte: Escritório Municipal de Agropecuária, pesca e Abastecimento – EMAPA/EPAGRI	4
Figura 1.3 - Evolução da produção de ostras cultivadas em Santa Catarina (dúzias) – fonte: Escritório Municipal de Agropecuária, pesca e Abastecimento – EMAPA/EPAGRI.....	4
Figura 1.4 Evolução da produção de mexilhões em Santa Catarina (toneladas) - Fonte: Escritório Municipal de Agropecuária, pesca e Abastecimento – EMAPA/EPAGRI.	5
Figura 1.5 - Estrutura de cultivo – Lanterna de Ostra utilizada no cultivo em Santa Catarina -FONTE: EPAGRI (2003)	9
Figura 1.6 - Penca de Mexilhões Perna Perna cultivados em Santa Catarina - FONTE: EPAGRI (2003)	9
Figura 1.7 - Delimitação da área de pesquisa – Ilha de Santa Catarina – Florianópolis – Fonte: IPUF	11
Figura 1.8 - Visão geral do modelo de referência adotado adaptado de Forcellini et al (2005).....	13
Figura 2.1 – Estrutura de cultivo tipo mesa – Fonte: EPAGRI.....	19
Figura 2.2 - Cultivo suspenso flutuante tipo balsa.- Fonte: EPAGRI	19
Figura 2.3 - Cultivo suspenso flutuante tipo espinhel ou <i>long line</i> - Fonte: LMM.	20
Figura 2.4 - Posicionamento da embarcação em relação ao cultivo.....	21
Figura 2.5 - Esquema de cultivo de ostras utilizando lanternas no sistema espinhel ou <i>long line</i>	22
Figura 2.6 - Coleta do espinhel.	23
Figura 2.7 - Fixação do espinhel na embarcação.	23
Figura 2.8 - Desprendimento da estrutura do espinhel.	23
Figura 2.9 - Embarque da lanterna.	23
Figura 2.10 – Detalhe da anatomia da coluna vertebral. Fonte: (Prevler, 2005).....	26
Figura 2.11 – Influência da postura no aumento da pressão nos discos intervertebrais no levantamento de cargas. Fonte: Grandjean (1998) p. 87	27
Figura 2.12 – Denominações das partes e nomenclatura das embarcações.	29
Figura 2.13 – Embarcação de duralumínio projetado para pesca recreativa usado em manejo.	31
Figura 2.14 – Flagrante de vazamento no casco de um barco construído com uso de rebites de alumínio.....	31
Figura 2.15 - Embarcação de 3,5m com capacidade de 70 kg de carga.....	31
Figura 2.16 – Embarcação Francesa da empresa Mulot® adquirido pela Prefeitura Municipal de Florianópolis - SC.....	31
Figura 2.17 – Bote com sistema de deslocamento adaptado ao motor de propulsão.	32
Figura 2.18 – Baleeira usada para pesca no litoral catarinense.	32
Figura 2.19 – Bateiras usadas na pesca de camarão em áreas de baixa profundidade.	32
Figura 2.20 – Canoa esculpida em tronco de madeira usada para manejo em sistemas suspensos, instável e com baixa capacidade de carga.....	32
Figura 2.21 – Embarcação de fibra adaptada com sistema elevatório hidráulico.	33
Figura 2.22 – Embarcação de fibra usada para transporte e manejo.....	33
Figura 2.23– Embarcação de fibra usado pelo LMM UFSC.....	33
Figura 2.24 – Embarcação de fibra-de-vidro chilena em uso experimental.....	33
Figura 2.25 – Exemplo de embarcação de pesca adaptada empiricamente pelos produtores para auxiliar no processo de retirada – GEPP (2003).....	34
Figura 2.26 – Balsa de manejo de poitas adaptada por produtores incluindo uma área plana de movimentação – GEPP (2003).....	34
Figura 2.27 – Embarcação francesa usada em Florianópolis – SC.....	35
Figura 2.28 – Operação do braço hidráulico presente na embarcação francesa.	35
Figura 2.29 - Detalhe do braço hidráulico – fonte: Mulot (2004).	35

Figura 2.30 - Embarcação de alumínio equipado com braço hidráulico utilizado em Florianópolis – SC fonte: Mulot (2004).	35
Figura 2.31 – Embarcação tipo baleeira adaptada com guincho mecânico acoplado ao motor.	36
Figura 2.32 – Deslocamento manual utilizando mastro de elevação.....	36
Figura 2.33 – Embarcação adaptada com guincho de mastro e lança Sambaqui – Florianópolis – SC	37
Figura 2.34 – Vista do esquema de mastro e lança - Sambaqui – Florianópolis – SC	37
Figura 2.35 - Embarcação em manejo de lanternas- CTTMAR – Univali.	38
Figura 2.36 – Sistema de deslocamento das lanternas com guincho de acionamento hidráulico – CTTMAR – Univali.	38
Figura 2.37 – Roda estrela – serve como guia para long line e permite passagem de bóias e cabos de suporte das estruturas de cultivo – CTTMAR – Univali.....	38
Figura 2.38 – Amplo convés permite operação de manejo com estabilidade além de grande capacidade de transporte de lanternas – CTTMAR – Univali.	38
Figura 2.39 – Embarcação em fibra-de-vidro com braço hidráulico central.	39
Figura 2.40 – Sistema hidráulico em curso total de elevação.....	39
Figura 2.41 – Área ocupada pelo guincho no interior da embarcação.....	39
Figura 2.42 –Embarcações de grande porte, cabine popa, para manejo e transporte de grandes cultivos na- (McBridedesign, 2004)	40
Figura 2.43 - Guindastes de braço duplo para grandes cargas instalado na popa - (Mcbridedesign, 2004).....	40
Figura 2.44 - Embarcação de alumínio para com guincho central - Alucraftboats (2004).....	40
Figura 2.45 - Embarcação de grande porte, cabine proa, com braço hidráulico telescópico central – (McBridedesign, 2004).	40
Figura 2.46 - Embarcação de manejo de cestos de cultivo de lagostas com guincho elétrico utilizando roldanas e polias - Wstportwa (2003).	41
Figura 2.47 - Embarcação de alumínio com braço hidráulico lateral; - Alnmaritec (2003).	41
Figura 2.48 - Embarcação de alumínio borda livre baixa e braço hidráulico lateral; Alnmaritec (2003).	41
Figura 2.49 - Embarcação de alumínio com guincho manual lateral - Alucraftboats (2003).....	41
Figura 2.50 - Braço hidráulico c/ cabo para remoção de grandes cargas.	41
Figura 2.51 - Embarcação de carga com braço hidráulico de carga na proa.	41
Figura 2.52 - Barco de alumínio (duralumínio) rebitado utilizado comumente no manejo.	43
Figura 3.1 – Esquema das etapas do Projeto Informacional – Adaptado: Forcellini et al (2005)	45
Figura 3.2 – Espiral do desenvolvimento de produto – definição do ciclo de vida do produto. – (Adaptado de Fonseca, 2000)	48
Figura 3.3 – Delimitação da interferência do projeto do equipamento na evolução da escala de produção da maricultura.....	61
Figura 4.1 – Modelo de seqüência das fases do Projeto conceitual. Fonte: Forcellini et al, (2005).....	63
Figura 4.2 - Tarefas e processos envolvidos na análise funcional (fonte: Ferreira, 1997).....	65
Figura 4.3 - Função Global do Sistema	66
Figura 4.4 – Refinamento da função global.	67
Figura 4.5 – Desdobramento da Função Parcial 1 - F 1.	69
Figura 4.6 – Desdobramento da Função Parcial 2 – F 2.....	70
Figura 4.7 – Desdobramento da Função Parcial 3 – F3.....	70
Figura 4.8 – Guincho elétrico para içamento de material de construção em telhados de edifício.	73
Figura 4.9 – modelo de guindaste para container.....	73
Figura 4.10 – Perfil “I” como trilho para trole..	73
Figura 4.11 – Embarcação neo-zelandeza com sistemas de rodas para guiar cabo do espinhel apoiados em um bordo da embarcação	73
Figura 4.12 – Canoa polinésia proporciona estabilidade da embarcação como contra-peso de um lado e flutuação de outro.	74
Figura 4.13 – Cabo aéreo sustentado por arco para transporte de pencas de banana.	74

Figura 4.14 – Concepção 1 - Esquema de mastro centralizado na parte frontal (proa)	78
Figura 4.15 – Concepção 1 - Vista superior do esquema de mastro centralizado na parte frontal (proa)	79
Figura 4.16 – Concepção 1 - Vista superior do esquema de mastro centralizado na parte frontal (proa) e plataforma de estabilização também servindo de contrapeso.	79
Figura 4.17 – Concepção 2 - Vista superior do esquema de trave transversal apoiada em 4 pés.	79
Figura 4.18 – Concepção 2 – Vista Lateral.	80
Figura 4.19 – Concepção 2 - Vista superior do esquema de viga calha com dois flutuadores.....	80
Figura 4.20 – Concepção 3 - Vista superior do esquema de viga I apoiada em 3 pés.	81
Figura 4.21 – Concepção 3 - Vista Lateral da concepção 3	81
Figura 4.22 – Concepção 3 - Vista superior do esquema tripé + flutuador duas bóias.....	81
Figura 4.23 – Concepção 4 - Vista superior do esquema basculante	82
Figura 4.24 – Concepção 4 - Vista superior do esquema basculante	82
Figura 4.25 – Concepção 5 - Vista superior do esquema de gaiola com flutuador no bordo do manejo e apoiaadores no meio.	83
Figura 4.26 – Concepção 6 - Vista superior do esquema de gaiola com flutuador no bordo do manejo com apoiaadores na extremidade do flutuador.....	83
Figura 4.27 – Concepção 7 - Vista superior do esquema de gaiola com o sistema de apoio e trilhamento do espinhel no flutuador no bordo do manejo	83
Figura 4.28 - Técnicas de avaliação conceitual (FORCELLINI ET AL, 2005).	84
Figura 4.29 – Modelo em escala para análise de uma configuração – lado do manejo.	89
Figura 4.30 – Modelo em escala para análise de uma configuração – lado estabilizador.	89
Figura 4.31 – Adequação do equipamento em uma embarcação pequena (boca de 1,2 m).....	90
Figura 4.32 – Adequação do equipamento em uma embarcação grande (boca de 2.5 m).....	91
Figura 4.33 - Fixação do equipamento na lanterna.	92
Figura 4.34 – Deslocamento vertical da lanterna.	92
Figura 4.35 – Deslocamento horizontal da lanterna.	92
Figura 4.36 – Acomodação da lanterna e retorno ao início da operação.	92
Figura 4.37 – Subsistemas presentes no equipamento.	92
Figura 4.38 – Detalhe do sistema de trilho e estrutura vazada superior.	93
Figura 4.39 – Estrutura de suporte elevada - proposta descartada.	93
Figura 4.40 – Configuração inicial da estrutura com 3 pontos de apoio e viga I.....	94
Figura 4.41 – Vista forntal da estrutura de suporte elevada.	94
Figura 4.42 – Vista lateral da estrutura.	94
Figura 4.43 – Análise estrutural da configuração inicial c/ indicação dos pontos críticos de deformação do material	95
Figura 4.44 – Análise estrutural da nova geometria apresentando uam deformação dentro dos critérios de segurança.	95
Figura 4.45 – Prancha de madeira – interface entre sistemas e embarcação – prancha do lado do manejo.....	96
Figura 4.46 - Concepção sistema fixar / trilhar espinhel em aço inox - vista frontal.....	97
Figura 4.47 - Concepção sistema fixar / trilhar espinhel - vista lateral.	97
Figura 4.48- Viga "I" de suporte e deslocamento do trole de movimentação do trole - Programa COSMOSXPRESS® do pacote de aplicativos de CAD / CAE SolidWorks®.	98
Figura 4.49 – Situação "A" da Viga "I" – Trole travado	99
Figura 4.50 - Situação B da Viga "I" – Trole livre com gancho fixo ao trole.....	99
Figura 4.51 – Trole de deslocamento das lanternas.	100
Figura 4.52 – Análise estrutural do trole com simulação de pontos de tensão e deformação em escala visível - Programa COSMOSXPRESS® do pacote de aplicativos de CAD / CAE SolidWorks®.....	100
Figura 4.53 – Plataforma auxiliar de, contrapeso e flutuação extra.....	101
Figura 4.54 – Vista superior da plataforma auxiliar de contrapeso e flutuação extra.	102

Figura 4.55 – Haste de regulagem para diferentes bocas e suporte do guincho manual de aplicação da força de içamento.	102
Figura 4.56 - Esforço manual em relação à altura da manivela – fonte: (PROVENZA, 1978).	103
Figura 4.57 – Guincho usado para içamento.....	104
Figura 4.58 – Visão geral do conjunto contendo os subsistemas	104
Figura 4.59 – Modelo projetado em CAD (A) e Modelo subdividido em elementos (B)	105
Figura 5.1 – Modelo de seqüência das fases do Projeto Detalhado. Adaptado de Forcellini et al, (2005).....	108
Figura 5.2 – Lanterna de 5 andares usada nos cultivos em Santa Catarina.....	110
Figura 5.3 – Concepção do sistema completo do equipamento.....	113
Figura 5.4 – Vista frontal do conjunto.....	114
Figura 5.5 – Vista superior do conjunto com detalhe para a área ampliada pelo conjunto de estabilização. ...	114
Figura 5.6 – Vista lateral com a presença das rodas estrela de apoio e fixação do espinhel.	115
Figura 5.7 – Vista lateral do conjunto de estabilização.....	115
Figura 5.8 – Perspectiva da estrutura do subsistema mostrando as dimensões gerais.....	117
Figura 5.9 –Protótipo montado com destaque para a estrutura de suporte elevada.	117
Figura 5.10 – Projeto da peça em CAD	118
Figura 5.11 – Imagem do protótipo fixado em uma embarcação com os sistemas de fixação e trilhamento... ..	118
Figura 5.12 – Imagem do protótipo fixado em uma embarcação com os sistemas de fixação e trilhamento... ..	119
Figura 5.13 – Projeto da aplicação e montagem da viga I no conjunto, servindo de suporte e trilho para o deslocamento do trole.....	121
Figura 5.14 – Imagem do protótipo montado com os demais subsistemas do equipamento.....	121
Figura 5.15 – Moitão de 450 Kg de capacidade de carga.	123
Figura 5.16 – Vista frontal do moitão ou cadernal com um gorne.	123
Figura 5.17 – Vista superior do projeto.....	124
Figura 5.18 - Conjunto montado em embarcação de pequeno porte.	124
Figura 5.19 - Posição das hastes para embarcações de boca estreita.....	125
Figura 5.20 – Posição das hastes para embarcações de boca larga.....	126
Figura 5.21 - Conjunto de hastes montado.	126
Figura 5.22 – Uso das hastes em embarcação de grande porte.....	126
Figura 5.23 – Vista do guincho usado para tração.	127
Figura 5.24 – Detalhe da posição do guincho em relação à haste de suporte.	127
Figura 6.1 – Localização da área de testes na ilha de Santa Catarina – Fonte: Embrapa monitoramento.	130
Figura 6.2 – Embarcação A com o equipamento montado	131
Figura 6.3 - Haste de regulagem projetada para a embarcação A.	132
Figura 6.4 - Haste de regulagem projetada para a embarcação A com o equipamento montado para permitir que a haste de suporte permaneça mais vertical.	132
Figura 6.5 – Detalhe do equipamento montado na embarcação A.	133
Figura 6.6 – Detalhe da posição dos componentes e do operador na embarcação A.	133
Figura 6.7 – Montagem do equipamento na embarcação A.....	133
Figura 6.8 – Área de manejo livre.	133
Figura 6.9 – Equipamento em ação.	133
Figura 6.10 – Sistema de fixação e trilhamento de espinhel na embarcação A.	133
Figura 6.11 – Vistas da embarcação B com o equipamento montado.	134
Figura 6.12 – Equipamento montado na embarcação B – detalhe para escala do conjunto.	134
Figura 6.13 – Vistas traseira da embarcação B com o sistema de estabilização / flutuação.	135
Figura 6.14 - Detalhe da montagem dos componentes e subsistemas.	135
Figura 6.15 – Posição de acionamento do equipamento.	140
Figura 6.16 – Posição confortável e ergonômica para operação de embarque e desembarque de lanternas. ..	140
Figura 6.17 – Esquema da situação 1 do sistema de polias usando um cadernal ou moitão para reduzir a força necessária de elevação.	141

Figura 6.18 - Sistema de polias usando um cadernal ou moitão erguendo uma lanterna de ostras.	142
Figura 6.19 - Sistema de polias usando um cadernal ou moitão.	142
Figura 6.20 - Sistema de polias usando somente uma polia no trole.	142
Figura 6.21 - Sistema de polias usando um cadernal ou moitão.	143
Figura 6.22 - Medição dos tempos de içamento das lanternas.	144
Figura 6.23 - Gráfico de demonstração dos tempos médios dos procedimentos por tipo de manejo.	145
Figura 6.24 - Tempo médio total do ciclo por tipo de manejo em segundos.	146

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 - Definição de termos navais. (BARROS,1985).....	28
Quadro 3.1 - Definição de alguns termos pertinentes à fase de projeto informacional.....	46
Quadro 3.2 - Definição dos atributos de ciclo de vida do produto.....	49
Quadro 3.3 - Atuação dos clientes no ciclo de vida do produto.....	50
Quadro 3.4 - Requisitos dos clientes e usuários do sistema modular.	53
Quadro 3.5 - Definição dos requisitos de produto.	55
Quadro 3.6 - Especificações meta.....	57
Quadro 4.1 - Principais conceitos na etapa de análise funcional.	65
Quadro 4.2 - Descrição das funções parciais e elementares com suas definições das entradas e das saídas do diagrama de blocos da estrutura funcional.....	68
Quadro 4.3 - Descrição das funções Auxiliares do diagrama de blocos da estrutura funcional.	71
Quadro 4.4 - Métodos de criatividade aplicados ao problema.....	71
Quadro 4.5 - Matriz Morfológica	75
Quadro 4.6 - Resultados da aplicação da técnica do <i>Julgamento da Viabilidade</i>	85
Quadro 4.7 - Resultados da aplicação da técnica de Disponibilidade Tecnológica	86
Quadro 4.8 - Resultados da aplicação da técnica do exame Passa (P) / Não Passa (N)	86
Quadro 5.1 - Especificações das dimensões das estruturas de cultivo (lanternas) e do sistema de cultivo tipo espinhel. Fonte: (SANTANA, 2005).	110
Quadro 5.2 - Componentes usados na construção do protótipo	128
Quadro 5.3 - Custo total do protótipo	129
Quadro 6.1 - Critérios e modelos de avaliação dos testes do protótipo.	135
Quadro 6.2 - Critérios e modelos de avaliação dos testes do protótipo.	136

LISTA DE TABELAS

Tabela 6-1 - Tempos médios dos procedimentos por tipo de manejo.	144
Tabela 6-2 - Tempos médios dos procedimentos iniciais de manejo.	145

RESUMO

O cultivo de moluscos marinhos em Santa Catarina vem crescendo desde o início da década de 90, acompanhando a tendência mundial de buscar alternativas de obtenção de alimento e diversificação de fontes de renda para as populações que dependem prioritariamente da pesca artesanal, atividade esta em declínio em todo o planeta. A produção de ostras e mexilhões no litoral do estado atingiu uma posição de destaque no cenário nacional, tornando Santa Catarina o maior produtor brasileiro destas espécies, especialmente no cultivo de ostras com mais de 80% da produção nacional. O aumento do volume cultivado foi motivado pelo desenvolvimento de tecnologias de produção de sementes pelo LMM (Laboratório de Moluscos Marinhos) da UFSC e pelo apoio da EPAGRI. Este aumento, não foi acompanhado do desenvolvimento de ferramentas e equipamentos específicos para auxiliar nas atividades de manejo das estruturas de cultivo também chamadas de lanternas. A exigência física por parte dos produtores é muito grande, acarretando acidentes de trabalho e problemas graves de saúde como lesões na coluna e articulações, causando afastamentos, lesões permanentes e em alguns casos, aposentadorias prematuras. A partir deste cenário o GEPP (Grupo de Engenharia do Produto e Processo) do Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC, em conjunto com o LMM, propôs, através deste trabalho, o desenvolvimento de um protótipo para avaliar um novo conceito de mecanização do manejo das estruturas de cultivo, tendo por objetivo, a redução do esforço e lesões dos usuários. Ao mesmo tempo o equipamento buscou promover o aumento de produtividade, aumento de segurança e a conseqüente melhoria das condições de trabalho dos produtores. Para isso, a metodologia de projeto utilizada foi a do processo de desenvolvimento de produtos – PDP - empregada no GEPP, cuja eficácia foi comprovada em outros trabalhos similares. O resultado foi o desenvolvimento de um protótipo que foi testado em duas embarcações diferentes, comprovando a aplicabilidade do conceito em diferentes tipos de embarcações. Os testes do protótipo apresentaram um aumento de produtividade, reduzindo o tempo de manejo unitário e total, melhorando a seqüência de operações, melhorando a postura e reduzindo o esforço do usuário nos procedimentos de manejo. Com o uso desta tecnologia é possível proporcionar melhorias consideráveis nas condições de trabalho dos produtores, tornando a atividade mais atrativa para novos produtores, eficiente e rentável, respeitando a integridade e a qualidade do trabalho dos indivíduos.

Palavras Chave: Mecanização da Aqüicultura, Sistema de deslocamento de estruturas de cultivo, Desenvolvimento de produtos.

ABSTRACT

The culture of marine clams in Santa Catarina - Brazil comes growing since the beginning of the 90's, following the world-wide trend to search alternatives of food attainment and diversification of sources of income for the populations that depend on fishes artisan, activity this in decline in all the planet. The production of oysters and mussels in the coast of the state reached a position of prominence in the national scene, becoming Santa Catarina the Brazilian producing greater of these species, especially in the culture of oysters with more than 80% of the national production. The increase of the cultivated volume was motivated by the development of technologies of production of seeds for the LMM (Laboratory of Marine Clams) of the UFSC and for the support of the EPAGRI. This increase was not followed of the development of tools and specific equipment to assist in the activities of handling of the structures of culture also called "lanternas". The physical requirement on the part of the producers is very great, causing industrial accidents and serious problems of health as injuries the column and joints, causing permanent removals, injuries and in some cases, premature retirements. From this scene the GEPP (Group of Engineering of the Product and Process) of the Department of Engineering Mechanics of the UFSC, in set with the LMM, considered, through this work, the development of an archetype to evaluate a new concept of mechanization of the handling of the culture structures, having for objective, the reduction of the effort and injuries of the users. At the same time the equipment searched to promote the increase of productivity, increase of security and the consequent improvement of the conditions of work of the producers. For this, the used methodology of project was of the process of development of products - PDP - used in the GEPP, whose effectiveness was proven in other similar works. The result was the development of a prototype, tested in two different boats, certifying the applicability of the concept in different types of boats. The tests of the prototype had presented a productivity increase, reducing the time of unitary and total handling, improving the sequence of operations, improving the work position and reducing the effort of the user in the handling procedures. With the use of this technology it is possible to provide considerable enhancements in the conditions of work of the producers, becoming the activity most attractive for new producers, efficient and income-producing, respecting the integrity and the quality of the work of the individuals.

Key- Words: Aquiculture Mechanization, System for structures displacement, Development of products.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

1.1 O cultivo de Moluscos

Segundo Molnar (2000), o mar é um dos mais importantes fornecedores de alimentos no mundo e a principal fonte de proteínas para cerca de um bilhão de pessoas. Para pelo menos 150 milhões a pesca não só é vital para a nutrição, como é também uma fonte importante de renda e emprego. Além disso, como consta na declaração resultante da *Conference on Aquaculture in the Third Millenium*, realizada em Bangkok (Tailândia) em 2000, a aqüicultura é o setor de produção de alimentos que, nas últimas três décadas, está crescendo de maneira mais rápida mundialmente. Enquanto esta atividade cresce 8% ao ano, a criação de gado cresce 3% e a pesca 1,5% (ARANA, 1999).

Os crescentes investimentos na aqüicultura e sua expansão tornam-se perfeitamente compreensíveis quando se observa que as regiões pesqueiras estão em declínio e que esta decadência tende a aumentar conforme cresce a população. Segundo Arana (1999), nove das dezessete maiores regiões pesqueiras do mundo apresentam franco declínio, e quatro delas já estão esgotadas. Molnar (2000) confirma tal quadro, afirmando que 70% das espécies mundiais mais importantes e onze das quinze maiores áreas pesqueiras estão em declínio.

Os moluscos são consumidos pelo ser humano desde os tempos pré-históricos. Este fato é observado pela existência de grandes bancos de sambaquis (aglomerados de conchas) encontrados nas mais variadas regiões do mundo.

O cultivo de moluscos teve início há centenas de anos na Ásia e Europa, onde hoje caracteriza uma importante atividade econômica. A aqüicultura, arte de multiplicar e criar animais e plantas aquáticas constitui-se em atividade econômica de grande importância para vários países no mundo, responsável tanto pela geração de divisas e empregos, como pela manutenção da dieta protéica de suas populações (CARVALHO FILHO, 1997).

Da aqüicultura, em particular merece destaque a maricultura, que engloba a produção de moluscos (ostras, mexilhões, vieiras, berbigões, polvos, entre outros),

crustáceos (camarões, siris, caranguejos), algas marinhas e peixes. O Brasil vem apresentando um crescimento rápido na maricultura nos últimos 15 anos, e isto pode ser comprovado por meio da observação da evolução da produção de camarões nas regiões nordeste e sul e da produção de moluscos, mais especificamente ostras, mexilhões e vieiras. As espécies de moluscos mais facilmente encontradas são:

Mexilhões: *Perna perna* nativo da costa litorânea Figura 1.1-A.

Ostras: *Crassostrea gigas* Figura 1.1-B oriunda do pacífico e *Crassostrea sp.* nativa da região dos manguezais brasileiros.

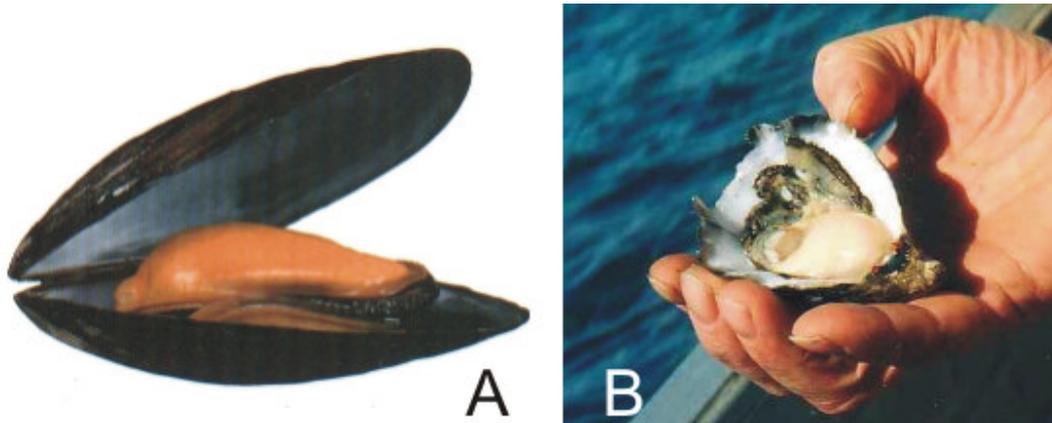


Figura 1.1- A – MEXILHÃO ABERTO PARA CONSUMO / B – OSTRA DO PACÍFICO.

1.2 Situação da produção de moluscos

Segundo dados da FAO (2004), em 2002 a produção mundial total de animais aquáticos foi de 133,3 milhões de toneladas, dos quais 41,9 milhões de toneladas foram oriundos da aqüicultura. A pesca totalizou 93,2 milhões de toneladas, representando um leve aumento de 0,4% comparada a 2001, porém uma queda de 2,4% em relação aos 95,5 milhões de toneladas extraídas em 2000.

Apesar de ainda representar 70% do total da produção aquática em 2002, o extrativismo vem se tornando cada vez menor ao longo dos anos, perdendo espaço para a aqüicultura. O cultivo de peixes, crustáceos e moluscos alcançou 39,8 milhões de toneladas em 2002, representando um aumento de 5,3% em relação a 2001 e 11,8% em relação a 2000.

Entre as espécies cultivadas, o grupo dos moluscos representa 24%. Em 1998, a *Crassostrea gigas*, espécie de ostra que é cultivada comercialmente em Santa Catarina, já que a espécie nativa ainda se encontra em fase de estudos de viabilidade, foi classificado como sendo o segundo organismo aquático mais cultivado no mundo, com 2,92 milhões de toneladas, perdendo apenas para a macro alga *Laminaria japonica*, com 4,17 milhões de toneladas (FAO, 2004).

Isso ressalta a importância do cultivo de *Crassostrea gigas* e o impacto que ela vem causando na sociedade.

O Brasil, que em 1990 ocupava o vigésimo segundo lugar do ranking da produção mundial de ostras, com uma produção de 430 toneladas, em 2000 passou a ocupar a décima terceira posição com uma produção de 2.027 toneladas segundo dados da FAO (2002). Apesar de não estar entre os dez maiores produtores do mundo o País vem evoluindo bastante na produção de moluscos marinhos, embora sua produção ainda seja considerada bastante artesanal, quando comparada à produção da China, Espanha, França, Japão, Coreia, Estados Unidos, Canadá, Austrália, França, Nova Zelândia, que são países que se dedicam há mais tempo à maricultura.

O Estado de Santa Catarina é o maior produtor nacional de moluscos. Isto se deve, entre outras razões, ao seu litoral apresentar diversas áreas protegidas, compostas por baías, enseadas e estuários, caracterizados pela alta produtividade da água, o que favoreceu a implantação dos cultivos (Souza Filho, 2001); e pela utilização de tecnologias apropriadas, desenvolvidas e aprimoradas principalmente pelo Laboratório de Moluscos Marinhos (LMM), pertencente ao Departamento de Aqüicultura da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e difundidas pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. (EPAGRI).

Os cultivos comerciais de moluscos foram introduzidos junto às comunidades de pescadores artesanais do litoral catarinense no biênio 1989 - 1990, servindo como uma opção alternativa de trabalho e renda para as famílias de pescadores, ameaçadas pela queda dos estoques naturais de pescado e pela falta de condições para competir com a tecnologia da pesca industrial.

Atualmente o cultivo de moluscos envolve cerca de 7,2 mil pessoas, movimentando uma quantia anual média de R\$ 30 milhões em uma área de 200 mil metros quadrados segundo (KAFRUNI, 2005 - p. 27).

A atividade tem se mostrado economicamente viável e socialmente justa, transformando pescadores extrativistas em maricultores, melhorando o padrão de vida destes produtores através da inserção de renda oriunda da atividade Figura 1.2.

Outro fator importante é a vantagem ambiental que um método de cultivo oferece comparado à atividade extrativista da pesca, que pelos números do Ministério do Meio Ambiente, apresenta um decréscimo dos estoques pesqueiros nacionais próximos à costa, o que compromete a atividade da pesca em curto prazo, acarretando um problema social grave às populações litorâneas.

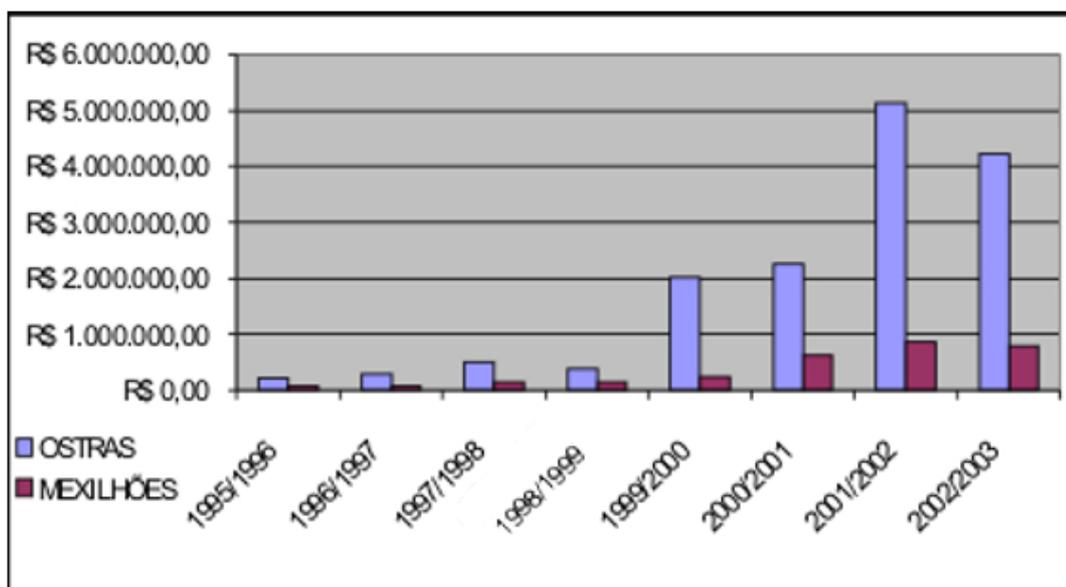


Figura 1.2- Receita bruta resultante da venda da safra de Ostras e Mexilhões em Florianópolis 1995/2003, Florianópolis, abril 2005. Fonte: Escritório Municipal de Agropecuária, pesca e Abastecimento - EMAPA/EPAGRI.

Embora esteja ocorrendo uma evolução acentuada na produção de moluscos no Brasil e no Estado de Santa Catarina figuras 1.3 e 1.4, a produtividade das fazendas marinhas necessita, conforme estudos dos órgãos de pesquisa e extensão agrícola, de tecnologias adaptadas às condições locais, fazendo com que aumente, atingindo os patamares alcançados pelos grandes produtores mundiais.

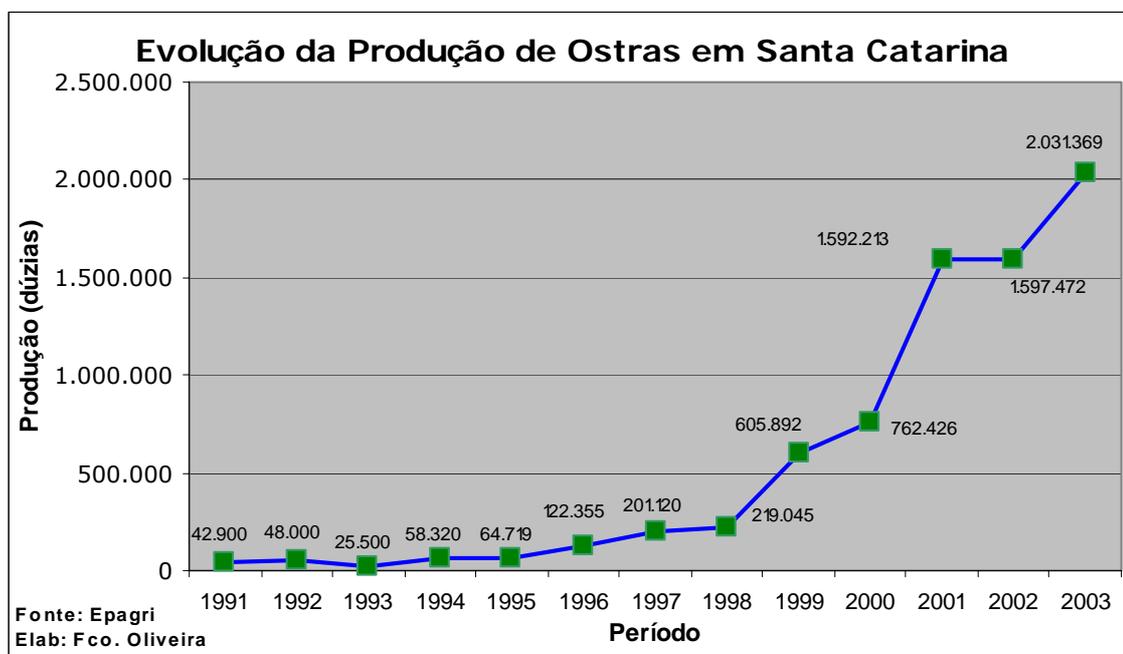


Figura 1.3 - Evolução da produção de ostras cultivadas em Santa Catarina (dúzias) - fonte: Escritório Municipal de Agropecuária, pesca e Abastecimento - EMAPA/EPAGRI.

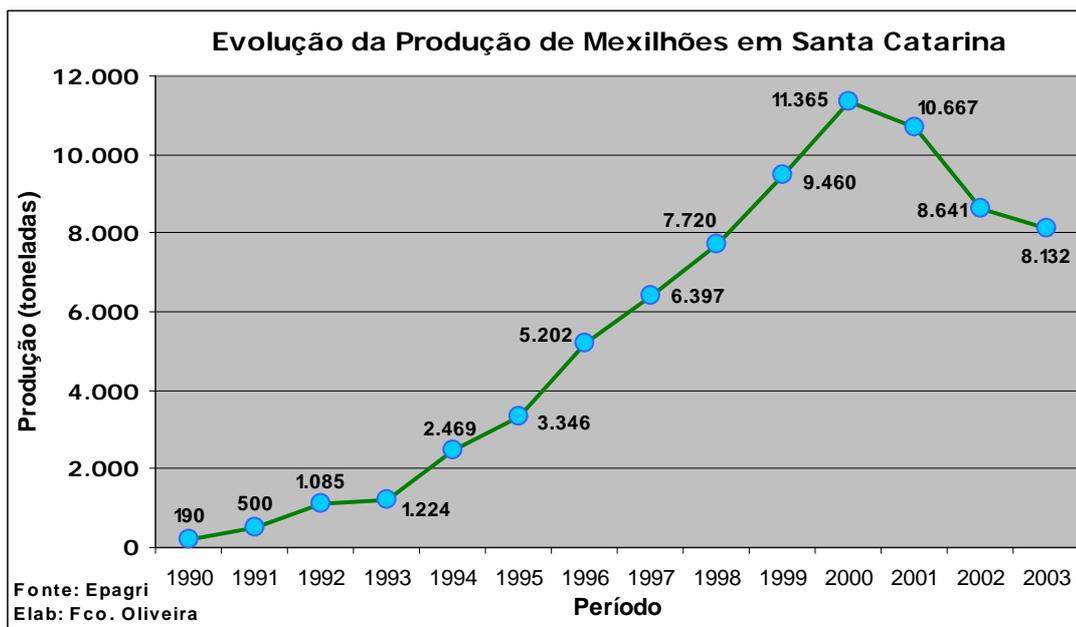


Figura 1.4 Evolução da produção de mexilhões em Santa Catarina (toneladas) - Fonte: Escritório Municipal de Agropecuária, pesca e Abastecimento – EMAPA/EPAGRI.

1.2.1 Fatores limitantes

Existem fatores que impedem que a produção nacional cresça segundo Santana (2005), para continuar crescendo no ritmo apresentado nos últimos oito anos, especialistas da EPAGRI, apontaram os seguintes itens como principais entraves para a consolidação competitiva e sustentável da cadeia produtiva dos moluscos:

- Falta de capacidade gerencial dos produtores para trabalhar em caráter cooperativo. Este fator está diretamente relacionado à baixa escolaridade da maioria dos aqüicultores (cerca de 75% dos produtores não completaram o 1º grau e 6% são analfabetos) e a aspectos culturais de trabalho familiar não cooperativo adquiridos na pesca artesanal.
- Poluição visual causada pela falta de padronização das estruturas, prejudicando a exploração do turismo no litoral.
- Problemas relacionados à navegação, provocados pela ausência de sinalização adequada dos cultivos e distribuição desordenada das estruturas.
- Inexistência de estudos para determinação da capacidade de carga das áreas de cultivo, levando a prejuízos ambientais, incidência de doenças, aumento do tempo de cultivo e mortalidades.
- Falta de desenvolvimento e transferência de tecnologia para mecanização dos cultivos, impossibilitando aumentos do volume de produção e redução de custos para competir com os produtos importados.
- Problema de caráter ambiental a respeito do destino final das conchas após a retirada da carne. Em muitas comunidades estas conchas são jogadas no mar ou

nas encostas dos morros da orla marítima. Com o início de operação das unidades industriais essa situação tende a intensificar-se.

- Falta de crédito já que um dos documentos necessários à concessão do mesmo é a regularização dos cultivos.

No Brasil ainda não se produzem equipamentos especialmente direcionados para o cultivo de moluscos, exceto os desenvolvidos de forma empírica por pequenos produtores para resolução de problemas pontuais.

Em Santa Catarina o único material que existe em abundância são as redes de pesca, uma vez que o Estado é um dos maiores produtores de pescado do País. Outros equipamentos nacionais, que facilitem o manejo de grandes quantidades de moluscos, praticamente inexistem, deixando os maricultores sem opções viáveis.

Este é um quadro diferente do que se observa em outros países, que têm tradição na produção de moluscos marinhos. Em outros países encontram-se uma variedade de equipamentos para o manejo da produção, desde embarcações especialmente projetadas para retirada das estruturas de cultivo do mar até equipamentos para lavagem, classificação, processamento e embalagem de moluscos. Estes produtos não estão disponíveis no mercado nacional.

A importação destes equipamentos não se apresenta viável, pois além do baixo poder aquisitivo e de ausência de financiamento específico para os produtores, os equipamentos chegam com um valor proibitivo para a realidade sócio-econômica dos produtores brasileiros.

Para exemplificar, uma embarcação dotada de equipamentos de limpeza e de um sistema hidráulico de auxílio no processo de retirada de estruturas de cultivo custou à Prefeitura Municipal de Florianópolis (PMF) em parceria com a EPAGRI aproximadamente 20 mil Euros (€). Em valores de Março de 2005, o equivalente a R\$ 72 mil reais sem considerar que o custo operacional se aproxima dos R\$ 200,00/hora (valor aproximado de 55 dúzias de ostra).

Esta embarcação foi projetada de acordo com as características sociais, econômicas, culturais e ambientais do seu país de origem, neste caso específico, a França. Além disso, as espécies de moluscos cultivados nesses países, possuem características diferentes das espécies cultivadas em nossas águas.

O cenário das embarcações existentes pode ser observado e avaliado com maior precisão no capítulo 2 deste trabalho, onde alguns exemplos isolados de utilização de embarcações dotadas de equipamentos auxiliares no processo de elevação de estruturas são encontrados de maneira praticamente experimental, empírica e ou não operacional nos cultivos catarinenses.

Na falta de equipamentos, alguns produtores constroem seus próprios instrumentos de trabalho, premidos pela necessidade de apressar suas entregas, aliado à necessidade de dar qualidade ao seu produto, mas a maior parcela dos maricultores não dispõe de

mecanização para facilitar seu trabalho e utilizam ferramentas adaptadas e inadequadas, concebidas para outros fins, que não a maricultura (geralmente ferramentas da construção civil).

O seminário de moluscos marinhos de Santa Catarina (Anexo A), ocorrido entre os dias 11 e 12 de abril de 2005 com o apoio de diversas instituições, elaborou uma carta de solicitações dos maricultores, pesquisadores e extensionistas, encaminhado aos órgãos governamentais responsáveis, solicitando a resolução dos problemas comuns entre os produtores considerados mais críticos. São eles:

1. Necessidade de Saneamento básico nas regiões produtoras de moluscos e implantação de um plano de sanidade aquícola;
2. Legalização das áreas de cultivo e dos produtores;
3. Criar linhas de crédito específicas para a atividade;
4. Apoio à comercialização e marketing;
5. Obtenção de sementes de mexilhões;
6. Organização e profissionalização do produtor;
7. Reestruturação e funcionamento das unidades de beneficiamento de moluscos e das cooperativas;
- 8. Incentivo à mecanização do cultivo dos produtores familiares;**
- 9. Pesquisa e desenvolvimento tecnológico para a atividade;**
10. Aumento e re-qualificação do serviço de extensão;

O município de Florianópolis, segundo PMF (2004), deu início a um projeto que visa o desenvolvimento sustentável da maricultura no município. Além de incentivar parcerias com instituições internacionais para troca de experiências científicas e tecnológicas, como já vem sendo feito com a França, Espanha e Canadá, o projeto de desenvolvimento sustentável prevê:

- Apoio à organização dos produtores em associações e cooperativas.
- Liberação de crédito aos maricultores através do Fundo Municipal de Desenvolvimento Rural e Marinho.
- Capacitação profissional dos produtores em gestão e comercialização da produção.
- Incentivo ao empreendedorismo entre os pequenos produtores.
- Implementação de gestão aquícola nas unidades de cultivo.
- Desenvolvimento de estudos e pesquisas que visem à melhoria dos processos produtivos, promovendo a gradual mecanização e informatização da atividade para melhorar o controle de qualidade e incrementar a produção.
- Criação de um projeto de *marketing* que vincule a gastronomia, o turismo e a produção de ostras à imagem da cidade e abra mercado para os produtores locais (idéia que originou a Festa Nacional da Ostra e da Cultura Açoriana - Fenaostra).

1.3 Desenvolvimento de equipamentos para maricultura

Mediante contatos estabelecidos com as entidades e instituições envolvidas com a maricultura, os órgãos públicos de pesquisa como a EPAGRI e a UFSC, além de grande número dos produtores consultados, ficou evidente a demanda por mecanização nos cultivos.

Estes afirmaram que somente com o desenvolvimento de máquinas e equipamentos adequados às suas necessidades poderá ocorrer o aumento da produtividade das fazendas marinhas, sem que os lucros da atividade sejam comprometidos com a contratação de mão de obra.

Diante deste panorama, a partir de 1998 o Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC, através do programa de pós-graduação em engenharia mecânica (POSMEC) por meio de uma tese de doutorado, passou a desenvolver uma família de produtos modulares destinados ao cultivo e industrialização de mexilhões com o desenvolvimento de um protótipo funcional testado e aprovado e em fase de implantação (SCALICE, 2003).

A partir deste trabalho o GEPP – Grupo de Engenharia do Produto e Processo iniciou uma linha de pesquisa visando preencher lacunas tecnológicas na área de mecanização nos cultivos de moluscos. Santana (2005) apresentou um protótipo para a lavação de berçários e lanternas e em seguida, Novaes (2005) desenvolveu um sistema para lavação e classificação de ostras.

1.4 Definição do problema

Visando dar continuidade na linha de pesquisa do GEPP, este trabalho buscou identificar outros problemas encontrados na maricultura, passíveis de ser minimizado com o uso de mecanização no processo produtivo.

No processo atual de produção na maricultura, as estruturas de cultivo tanto de ostras e vieiras que utilizam Lanternas figura 1.5, quanto de mexilhões produzidos em pencas figura 1.6, seguem basicamente os mesmos princípios para proporcionar o crescimento controlado destes animais nas estruturas de cultivo.

As características principais são as de colocar os animais de forma agrupada, ainda nos estágios iniciais de crescimento em estruturas verticais submersas no mar.



Figura 1.5 - Estrutura de cultivo – Lanterna de Ostra utilizada no cultivo em Santa Catarina - FONTE: EPAGRI (2003).



Figura 1.6 - Penca de Mexilhões Perna Perna cultivados em Santa Catarina - FONTE: EPAGRI (2003).

O processo de retirada e manejo destas estruturas, chamadas de estruturas de cultivo, apresenta uma importância fundamental na produtividade das fazendas marinhas, em função da oportunidade de aumento de animais por unidade de cultivo e utilização da tridimensionalidade de cultivo, ou seja, aumentando o comprimento vertical destas estruturas pode-se aumentar a quantidade de animais produzidos numa mesma área.

Entretanto, como o manejo atual é praticamente todo efetuado de forma manual pelos produtores em embarcações adaptadas de outras atividades como a pesca artesanal e de atividades de lazer conforme descrito no capítulo 2 deste trabalho, o processo de retirada é efetuado de forma insegura e perigosa.

As lanternas de ostras têm em média 1,5 m de comprimento, com um peso de aproximadamente 35 kg por lanterna no momento da colheita, podendo variar até 50 kg e em casos excepcionais (lanternas esquecidas no cultivo ou submersas) chegam a ter 80 Kg.

Estas cargas, aliadas ao espaço restrito de operação, geram problemas posturais, de fadiga e conseqüentemente de produtividade.

Considerando-se que os deslocamentos manuais, por serem morosos e cansativos, são um fator limitante do processo produtivo e gerador de atrasos, afastamentos, acidentes de trabalho e aposentadorias precoces.

Outro problema passível de ter uma solução facilitada pelo sistema de elevação é o processo de remoção de incrustações das estruturas de cultivo, chamadas de *fouling*. Este problema é tão significativo para o processo de produção, visando aumentar a qualidade e reduzir o ciclo de produção, que foi desenvolvido por Santana (2005) em conjunto com este projeto, um outro em paralelo, específico para encontrar maneiras mais eficientes de remoção de incrustações das estruturas de cultivo de ostras.

Desta forma, um sistema que permita com que se eleve facilmente as estruturas da água pode consentir uma maior freqüência no processo de limpeza, reduzindo a

concentração de incrustações, atividade que atualmente é realizada em períodos de aproximadamente 2 meses em função dos esforços e tempo dedicados (SANTANA, 2005).

1.5 Análise dos problemas do manejo das estruturas de cultivo

A atividade manual de manejo das estruturas de cultivo é considerada pela principal entidade representativa da maricultura catarinense, Federação dos Maricultores de Santa Catarina (FAMASC), como uma das principais causas de lesões, acidentes e doenças ocupacionais dentre os maricultores.

Diante da observação dos problemas, necessidades e oportunidades, a utilização de um sistema para auxiliar o processo de movimentação e manejo das estruturas de cultivo demonstra a urgente necessidade do desenvolvimento de um sistema mecânico adequado à realidade das embarcações, hábitos, práticas e métodos de cultivo dos maricultores brasileiros, fazendo com que a tecnologia seja adaptada às necessidades humanas de forma a facilitar e melhorar as atividades dos maricultores e suas condições de trabalho.

Considerando que este sistema visa aumentar a produtividade em função da diminuição de esforços, tempo e mão de obra, a mecanização desta atividade proporcionará um aumento da produção global, hoje limitada pelas práticas artesanais, proporcionando de forma estratégica um cenário favorável à expansão de culturas e instalação de indústrias de beneficiamento de alimentos e sub-produtos da maricultura, agregando valor aos produtos, aumentando a oferta de empregos e renda e contribuindo para o desenvolvimento econômico e social das regiões beneficiadas pela nova tecnologia.

1.6 Definição do problema de projeto

Sob o ponto de vista técnico, o problema do projeto pode ser resumido como o desenvolvimento de um sistema mecânico de movimentação de cargas (as estruturas de cultivo utilizadas na maricultura) entre o sistema de cultivo e a embarcação e entre a embarcação e o sistema de cultivo assim como entre a embarcação e o sistema em terra. O sistema deve ser projetado especificamente para o sistema de cultivo do tipo espínel, em função de ser o sistema em maior uso hoje e que tende a ser o sistema predominante nos próximos anos segundo a EPAGRI e o LMM.

Como forma de delimitação do escopo do problema do projeto, decidiu-se por desenvolver um equipamento voltado para o manejo de ostras, tendo como área de pesquisa os cultivos do município de Florianópolis figura 1.7.

O cultivo de mexilhões não apresenta estruturas de cultivo com peso muito elevado como no caso das ostras.

Apesar do equipamento ter aplicabilidade para ambas culturas, o foco principal foi dado ao cultivo de ostras, já que estas demandam deslocamentos de carga maiores e exigem muito mais esforços manuais por parte dos produtores.

Além disso, segundo a EPAGRI o cultivo de mexilhões tende a utilizar um sistema de cultivo chamado de sistema contínuo onde as estruturas de cultivo seguem um padrão diferenciado do modelo de cordas ou pencaas como mostrado na figura 1.5 deste trabalho.

As variáveis econômicas serão um importante fator nos critérios de análise e tomada de decisão do projeto em função da condição de restrições econômicas as quais os clientes externos estão submetidos. Outro fator relevante é o desenvolvimento do produto visando um modelo de produção futuro em consequência da crescente expansão da atividade e da consequente demanda por produtos para atender a essas expectativas.

A necessidade de embarcações dotadas de sistemas de elevação de carga para retirada das estruturas de cultivo do mar e para o seu transporte até o rancho de manejo se mostrou um dos itens de maior relevância entre os problemas detectados.

A resolução deste problema oferece uma melhoria da qualidade do trabalho, da redução do tempo despendido no manejo pelos produtores, do desgaste físico que esta tarefa proporciona, dos riscos envolvidos nesta atividade do processo, caracterizando tais necessidades.

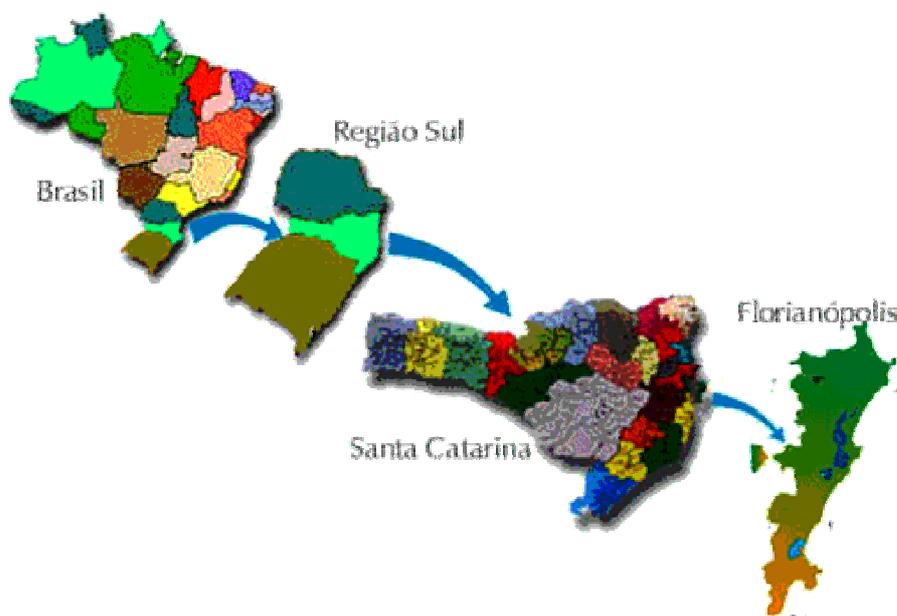


Figura 1.7 - Delimitação da área de pesquisa – Ilha de Santa Catarina – Florianópolis – Fonte: IPUF

As definições dos problemas de projeto serão melhor explicadas nos capítulos 1 e 2 deste trabalho, onde os aspectos relativos às condições ambientais e necessidades explícitas de projeto são melhor apresentados.

1.7 OBJETIVOS E CONTRIBUIÇÕES

1.7.1 Objetivos Gerais

Tendo em vista os problemas relacionados à atividade, este trabalho teve como objetivo geral, desenvolver um equipamento da forma de um protótipo, para a mecanização do cultivo de ostras, no manejo embarcado das estruturas de cultivo, proporcionando uma solução tecnológica adequada ao problema de deslocamento de estruturas de cultivo dentro do contexto da produção local de Santa Catarina.

1.7.2 Objetivos específicos

- Identificar adequadamente o problema do projeto através do levantamento das necessidades técnicas envolvidas.
- Identificar o universo de equipamentos e embarcações utilizados no manejo.
- Identificar as necessidades dos clientes envolvidos no processo criando uma lista de especificações eficiente que atenda de maneira ampla os anseios dos produtores.
- Gerar concepções simples e de fácil construção visando redução de custos e facilidade de instalação e uso.
- Detalhar as concepções de modo a facilitar a construção de um protótipo.
- Construir o protótipo de um equipamento e realizar testes.

1.7.3 Contribuições

Não se pretendeu com este trabalho resolver todos os problemas enfrentados diretamente pelos produtores e que são passíveis de solução através da mecanização, mas sim, contribuir através de soluções tecnológicas dos problemas apresentados, baseando-se na análise dos problemas locais, considerando as variáveis ambientais, sociais, culturais e econômicas. Espera-se, através deste, contribuir das seguintes formas:

- Desenvolver tecnologia nacional em um setor estratégico como o da obtenção de alimentos do mar com baixo impacto ambiental. Adaptando-a às condições sociais, culturais e ambientais locais, podendo representar um impacto positivo na atividade da maricultura, promovendo a melhoria das condições do trabalho cotidiano dos ostreicultores e o aumento da produtividade nas fazendas marinhas.
- Melhoria da qualidade do trabalho dos produtores de ostras, reduzindo esforços, lesões, doenças ocupacionais e possibilidade de aumento de produtividade.

- Favorecer a transferência de tecnologia para o setor privado disposto a produzir os equipamentos desenvolvidos neste trabalho, disponibilizando um conjunto de informações relativas às variáveis de projeto consideradas, o detalhamento do protótipo e as considerações a respeito do desenvolvimento do projeto.

1.8 Metodologia utilizada no trabalho

O modelo proposto por Forcellini et al. (2005) foi utilizado como base metodológica para a solução do problema de projeto abordado nesta dissertação.

A metodologia adotada no Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP), organiza as tarefas envolvidas no processo do projeto, criando uma seqüência lógica e funcional de atividades que orientam a equipe de projeto para avaliação de incertezas, tomadas de decisão, manipulação de informações, sistematização e registro das atividades criando um conjunto de conhecimentos passível de ser utilizado posteriormente, abreviando atividades desnecessárias.

Por não se tratar de um produto comercial e sim de um protótipo de pesquisa, o método foi utilizado parcialmente, sem perder a sua validade conceitual. O enfoque foi dado às etapas destinadas à fase de desenvolvimento dentro do modelo global descrito na figura do PDP figura 1.8.

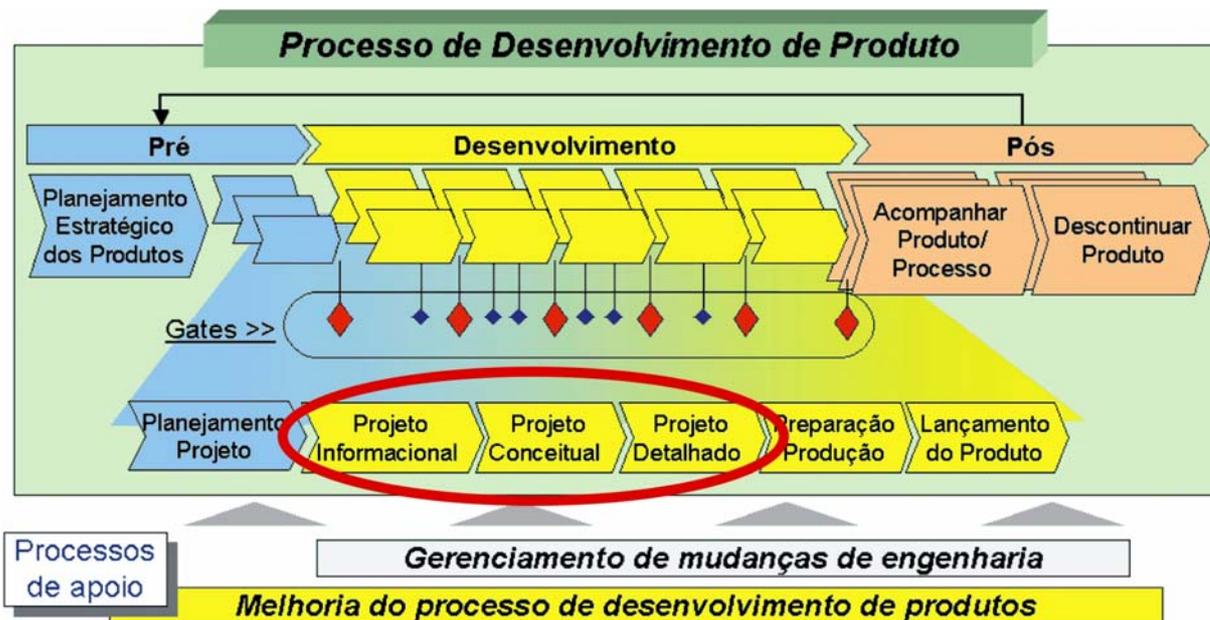


Figura 1.8 - Visão geral do modelo de referência adotado adaptado de Forcellini et al (2005).

Este modelo, denominado modelo de referência, é voltado para empresas de manufatura de bens de consumo duráveis e de capital, na qual o modelo de projeto proposto se encaixa.

Além de se tratar de um modelo completo e em constante atualização, os resultados obtidos em outros projetos similares desenvolvidos no GEPP, mostram a eficácia do método. Nesse modelo, processo de projeto é subdividido em três fases:

- Projeto informacional
- Projeto conceitual
- Projeto detalhado.

Os modelos de produto gerados em cada uma das fases são por ordem: (1) especificações de projeto; (2) concepção; (3) leiaute definitivo e documentação. Este trabalho segue a linha de pesquisa do GEPP que trata do Desenvolvimento Integrado de Produto, enfocando o desenvolvimento de protótipos, não havendo a preocupação em descrever detalhadamente a metodologia utilizada, pois, esta área conta com um número considerável de trabalhos realizados.

A metodologia utilizada nestes e em outros trabalhos vem sendo aplicada para o desenvolvimento de protótipos, o que foi feito por Reis (2003), Desenvolvimento de Concepções para a Dosagem e Deposição de Sementes Miúdas e Scalice (2003), Desenvolvimento de uma Família de Produtos Modulares para o Cultivo e o Beneficiamento de Mexilhões.

Esses autores, entre outros, colaboraram para o aprimoramento da metodologia, fazendo algumas modificações de forma a adaptá-la a seus trabalhos. Esta possibilidade existe, uma vez que a metodologia não é e não deve ser estática, e sim possuir a flexibilidade de sofrer constantes alterações para que melhor se ajustem aos fins que se destinam.

1.9 Estrutura do trabalho

Os seguintes capítulos compõem a dissertação:

Capítulo 1 - Introdução: foi apresentado o assunto a ser tratado no trabalho, esclarecendo sua natureza, importância e relevância. Neste capítulo foi abordada a evolução histórica da maricultura no contexto local, suas dificuldades em relação à mecanização, a definição do problema e a necessidade de desenvolvimento do projeto.

Capítulo 2 – Estado da arte: foi abordado o levantamento do estado atual da mecanização em sistemas de manejo em especial os sistemas de deslocamento de estruturas de cultivo da maricultura no Brasil e nos principais países produtores, mostrando quais a realidade dos maricultores brasileiros em termos de equipamentos, bem como, as soluções disponíveis em outros países para a resolução do problema proposto.

Capítulo 3 – Projeto informacional: a primeira fase do processo de projeto de produto, que teve como objetivo principal a obtenção das especificações do projeto do sistema proposto. Nessa fase realizou-se a identificação das necessidades dos clientes, através de pesquisas nos locais de trabalho, registros fotográficos, coleta de dados referentes às cargas, condições de trabalho, variáveis ambientais, variáveis culturais, sócio-econômicas, tempos e métodos, restrições e demais informações sobre os processos produtivos atualmente empregados na produção de produtos em outros

países. Essas necessidades foram convertidas em requisitos de projeto hierarquizados. Posteriormente, esses requisitos transformados nas especificações meta.

Capítulo 4 - Projeto conceitual: a segunda fase do processo de projeto de produto. Neste capítulo foi apresentado o desenvolvimento do projeto conceitual do sistema proposto, considerando-se as atividades de estabelecimento da estrutura funcional, pesquisa, avaliação e seleção de princípios de solução. Essa fase gerou alternativas de concepção do produto desenvolvido, detalhado posteriormente.

Através de ferramentas computacionais de CAD e CAE as concepções puderam ser modeladas virtualmente em programas de computador que permitem a simulação não somente de princípios construtivos como de simulações referentes a resistência e configuração geométrica mais adequada aos conceitos propostos, reduzindo os esforços despendidos nas etapas posteriores.

Capítulo 5 - Projeto detalhado e construção do protótipo: esta etapa objetivou: dar forma, arranjar, selecionar materiais e componentes, dimensionar, simular e otimizar os componentes para o protótipo e gerar o maior número de especificações técnicas, de forma que torne viável a fabricação e montagem através de instruções normalizadas do processo de construção, tornando-o menos oneroso, rápido e eficiente. Os detalhamentos gerados nesta fase podem ser utilizados para pedido de registro de patente do produto.

Capítulo 6 – Teste do protótipo e discussão dos resultados: este capítulo visou relatar os testes do protótipo do sistema proposto. Este foi construído e testado em duas embarcações de dimensões e materiais diferentes. O objetivo do protótipo foi testar a configuração obtida após o detalhamento e avaliar o alcance dos requisitos de projeto propostos.

Capítulo 7 – Conclusões e recomendações para trabalhos futuros: neste capítulo foram apresentadas as conclusões, impressões e comentários relativos ao trabalho, verificando se os objetivos do trabalho foram alcançados e se as especificações de projeto foram atendidas, assim como recomendações para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2

2 ESTADO DA ARTE

2.1 Introdução ao estado da arte

Este capítulo tem como objetivo apresentar o estado da arte relativo aos equipamentos utilizados no manejo das estruturas de cultivo usadas na maricultura, mais especificamente o processo de movimentação das estruturas de cultivo da água (colocação e retirada). Inicialmente é analisada a situação da maricultura no cenário nacional e mundial, os sistemas de manejo e os equipamentos desenvolvidos e utilizados mundialmente no manejo de estruturas de cultivo de moluscos marinhos .

Fez-se um estudo sobre abordagens que tratam do processo de manejo destas estruturas de cultivo, de seus sistemas de fixação, dando destaque aos projetos desenvolvidos para os cultivos em diversos países. Ao final estabelece-se um conjunto de considerações sobre as propostas existentes, visando obter subsídios para o projeto de produto, conforme os objetivos do presente trabalho.

2.2 Cultivo

Como definido no item 1.7 do capítulo 1 deste trabalho, a pesquisa se restringirá ao manejo dos cultivos de ostras. Focalizando o processo de pesquisa do universo de informações referentes à cultura das espécies *Crassostrea gigas* e *Crassostrea rizophorae*, lembrando que esta última se encontra ainda em fase experimental de cultivo, porém, segundo o LMM, deve utilizar o mesmo tipo de cultivo da espécie (*gigas*).

A fase de cultivo de engorda de ostras pode ser dividida em três etapas (BROGNOLI, 1996): cultivo inicial, cultivo intermediário e cultivo definitivo ou final. Dentro de cada uma destas etapas são realizadas tarefas de manejo das estruturas de suporte, as quais também serão mencionadas a seguir.

2.2.1 Cultivo inicial

Nesta etapa as sementes de ostras são acondicionadas no interior de lanternas do tipo berçário, que são estruturas cilíndricas confeccionadas com malha fina, com diâmetro de 60 cm, divididas em compartimentos (andares) que podem variar de 4 a 10 por lanterna. Caixas de madeira revestidas com tela de mosquito também são utilizadas em substituição aos berçários, embora estes sejam de longe, as mais empregadas pelos produtores catarinenses.

As tarefas de manejo das sementes na etapa de cultivo inicial são: lavagem dos berçários (ou caixas) e peneiramento das sementes. A primeira é realizada semanalmente, ou no máximo a cada quinzena e tem por objetivo evitar o entupimento da malha com incrustações marinhas, e é realizada manualmente por todos os produtores utilizando-se jato compressores de água.

No Brasil não existe nenhuma máquina desenvolvida especialmente para a realização desta tarefa. Nestas etapas o manejo das estruturas de cultivo do mar para os ranchos de manejo é constante e exigem esforços repetidos de elevação, embarque e recolocação das estruturas nos pontos de engorda no mar, porém com menor esforço por parte dos maricultores em função do peso reduzido destas estruturas.

2.2.2 Cultivo intermediário

As ostras ao atingirem de 20 a 30 mm são transferidas para lanternas de cultivo intermediário construídas com malhas que variam de 5 a 8 mm, ou para lanternas montadas a partir do empilhamento de bandejas plásticas perfuradas em uma densidade de 150 a 360 unidades por andar.

Decorridos 30 dias efetua-se a lavagem das lanternas intermediárias, a lavagem das ostras e uma nova classificação por tamanho por meio de peneiramento. Nesta etapa as ostras são lavadas para remoção das incrustações, por já apresentarem um tamanho que permite que isso seja feito sem que ocorram danos à sua integridade.

Estas atividades podem ser feitas mais rapidamente no próprio ambiente marinho, evitando o transporte das estruturas até o ponto de apoio em terra para realizar o trabalho caso haja equipamentos adequados como o que se propôs neste trabalho.

2.2.3 Cultivo final

Tendo as ostras atingido o tamanho de 40 mm, inicia-se a fase de cultivo final, onde os organismos são transferidos para lanternas com malha de 12 a 18 mm, numa densidade inicial de 150 unidades por andar.

O tempo médio de cultivo para as ostras atingirem o tamanho comercial de 8 cm é de 8 meses. Entretanto, em função da não uniformidade de crescimento das ostras, a colheita ocorre de forma escalonada. Cerca de 50% das ostras podem ser comercializadas no sexto mês de cultivo (Araújo & Pereira, 1996), sendo o restante da produção comercializado até o nono mês.

Os problemas relacionados à movimentação de cargas ocorrem principalmente na fase final do cultivo, a fase mais duradoura, que pode durar de 4 a 6 meses. A cada 30 dias recomenda-se a lavagem das lanternas, lavagem das ostras e uma nova classificação por tamanho, diminuindo a densidade por andar de acordo com o crescimento das ostras.

Nesta etapa do cultivo há uma intensa utilização das embarcações e da mão de obra no manejo, deslocando as estruturas dos espinhéis para o rancho e vice-versa. Considerando que nesta fase as lanternas apresentam seu maior peso e a necessidade de manejo é maior, é nesta fase que se concentram os maiores problemas relacionados a lesões de coluna pois a intensidade de esforços é maior.

2.3 Sistemas de cultivo

Para permanecer em uma área controlada e delimitada, as estruturas de cultivo devem ser fixadas em estruturas maiores, denominadas sistemas de cultivo. De modo geral são cinco os sistemas de cultivo de ostras e mexilhões: cultivo de fundo, cultivo de estacas, cultivo suspenso fixo, cultivo suspenso flutuante por balsa e cultivo suspenso flutuante por espinhel. Até o presente momento, não há relatos da utilização dos cultivos de fundo e de estacas no Brasil (Silva, 1996), e por isso não serão abordados, como os demais a seguir.

O sistema de cultivo suspenso fixo pode ser do tipo mesa (figura 2.1) ou varal. Ambos são indicados para locais de baixas profundidades (2 a 3 metros). Tanto as mesas como os varais podem ser construídos a partir de diferentes tipos de materiais tais como: bambu, tubo de PVC preenchido com cimento, trilhos de aço, madeiras de diversos tipos, entre outros. Este sistema de cultivo apresenta alguns inconvenientes dos quais se destaca a exposição das ostras ao sol e ao ar no intervalo de tempo em que a maré está baixa.

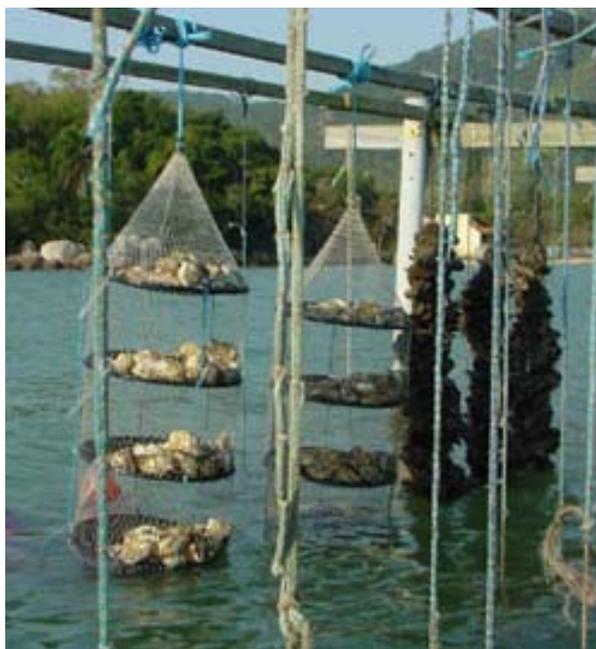


Figura 2.1 – Estrutura de cultivo tipo mesa – Fonte: EPAGRI.

As balsas da figura 2.2 e os espinhéis ou *long-lines* da figura 2.3 são os sistemas de cultivo suspensos flutuantes mais empregados nos cultivos comerciais de todo o mundo (Magalhães & Ferreira, 1997). São praticados em profundidades de 4 a 40 metros, normalmente em locais abrigados tais como baías e enseadas. Os sistemas são presos no fundo do mar por poitas ou âncoras.

As balsas geralmente são construídas em madeira e variam muito de tamanho, podendo ir de 30 m² (Brasil) até 500 m² (Espanha) (Casas & Casasbellas, 1991). Para os sistemas de flutuação podem ser empregados bombonas plásticas de Polietileno, placas de poliuretano rígido, tubos de PVC, flutuadores de madeira de compensado naval cobertos com resina e preenchidos com poliuretano expandido, tambores metálicos e tambores metálicos revestidos com fibra de vidro.



Figura 2.2 - Cultivo suspenso flutuante tipo balsa.- Fonte: EPAGRI

Os espinhéis ou *long-lines* são confeccionados, basicamente, com flutuadores mantidos na superfície do mar ou abaixo dela, amarrados em linha por um ou dois cabos mestres, nos quais são penduradas as estruturas de cultivos de cultivo, no caso das ostras, as lanternas. Os espinhéis apresentam comprimentos que, de modo geral, não ultrapassam 200 m.



Figura 2.3 - Cultivo suspenso flutuante tipo espinhel ou *long line*- Fonte: LMM.

De modo geral, o sistema de cultivo tipo espinhel é o mais amplamente utilizado para o cultivo comercial na região de estudo, definida no item 1.6 do capítulo 1 deste trabalho e segundo dados da EPAGRI. É o sistema com maior eficiência, maior possibilidade de expansão e que proporciona melhores resultados do ponto de vista ambiental e econômico, além de ser indicado como o método padrão de cultivo para os próximos anos.

Desta forma, toda a pesquisa foi direcionada focando este tipo de cultivo e todas as soluções avaliadas foram orientadas nesse sentido.

Nas figuras 2.4 e 2.5 observa-se um esquema simplificado da forma como o manejo é realizado pelas embarcações e uma visão da relação entre a embarcação e o sistema de cultivo, nestes casos, as popularmente conhecidas lanternas de cultivo de ostras.

Para realizar o manejo contínuo, ou seja, o manejo de várias estruturas de cultivo em um mesmo espinhel, a maneira mais eficiente e prática de realizá-lo é deixar paralelo ao alinhamento do espinhel o eixo de deslocamento da embarcação. Além de manter uma distância relativa entre o espinhel e o bordo de manejo, facilita-se o deslocamento para a próxima lanterna conforme a figura 2.4 exemplifica.

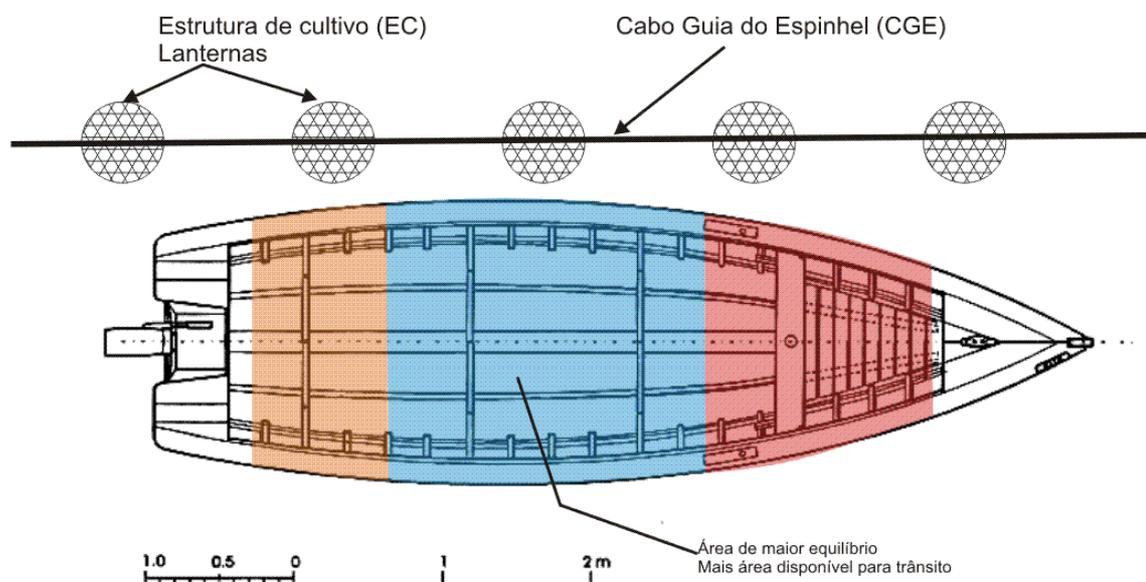


Figura 2.4 - Posicionamento da embarcação em relação ao cultivo

Há 2 elementos fundamentais nesse sistema:

O cabo guia do Espinhel – responsável pelo suporte e alinhamento de todas as estruturas nele fixadas

A Estrutura de Cultivo (Lanternas) – As estruturas são fixadas no cabo guia do espinhel em função de seu peso, ficam penduradas, responsáveis pela maior parte do carregamento exercido sobre o cabo guia, uma vez que uma lanterna na fase final de cultivo chega até a 80 Kg.

Em função das diferenças de tamanhos de cultivo, há linhas contendo entre 10 e 100 lanternas, tornando necessária a utilização do terceiro dispositivo indispensável neste sistema de cultivo.

Conforme descrito anteriormente, o peso das estruturas de cultivo no decorrer das fases de cultivo aumentam gradualmente, afundando a estrutura com o decorrer do tempo. Para manter uma distância relativa entre esta e a superfície, a fim de facilitar o manejo, são usadas bóias.

As bóias utilizadas são obtidas do reaproveitamento de embalagens plásticas (geralmente de polietileno de alta densidade usadas para transporte de líquidos usados em indústrias e depois, descartadas) de volume entre 10 e 50 litros e são utilizadas de três formas geralmente tidas como mais comuns entre os maricultores.

Fixadas diretamente junto com a estrutura de cultivo, espaçada entre 20 e 50 cm e em espaços intermediários entre as lanternas, na figura 2.5 mostra-se somente uma forma de utilização, porém, ilustra o comportamento e a disposição dessas estruturas quando submersas.

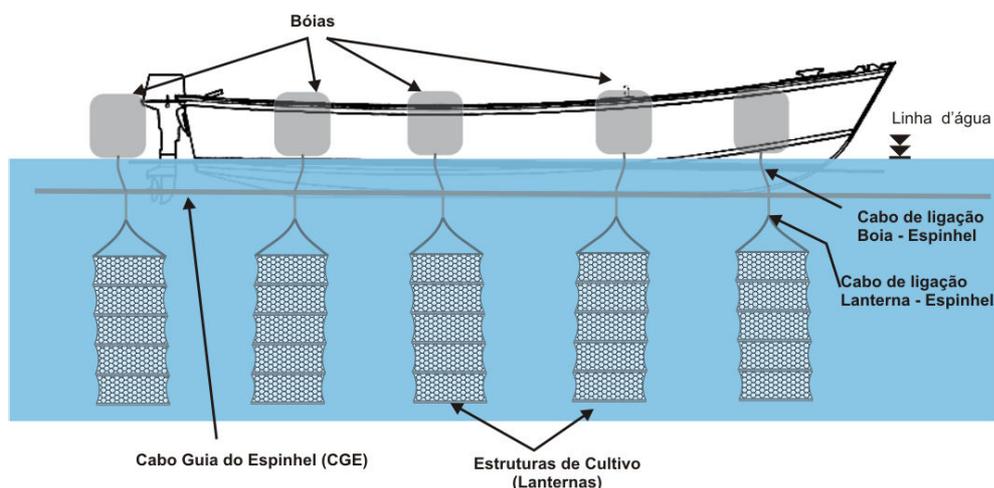


Figura 2.5 - Esquema de cultivo de ostras utilizando lanternas no sistema espinhel ou *long line*

2.4 Processo de Manejo

A atual escala de desenvolvimento da maricultura catarinense pode ser considerada como artesanal e em alguns casos isolados, semi-industrial já que o número de produtores que tem unicamente na maricultura sua atividade de sustento econômico ainda é reduzido.

Deste modo, do ponto de vista do processo de retirada durante o manejo, a maioria dos procedimentos encontrados são manuais, somente sendo observado em uso no litoral catarinense alguns exemplos de sistemas mecanizados que suprem de maneira parcial a necessidade de pequenos produtores.

O processo de retirada das estruturas de cultivo do mar, na maioria dos casos não é realizado com segurança, rapidez, conforto, baixo custo e comodidade.

Os equipamentos encontrados com mecanismos auxiliares na etapa de retirada ou são adquiridos para operação em grande escala ou são fruto de trabalho empírico e artesanal de pequenos produtores inconformados com o cansativo trabalho.

A atividade de movimentação dessas lanternas, comumente observada nos processos de manejo, é extenuante e perigosa pois envolve a movimentação de cargas entre 20 e em alguns casos, até 100 kg (em casos de lanternas para cultivo de matrizes de ostra), utilizando embarcações simples, em quase sua totalidade, adaptadas de outras atividades para a fase de colheita ou manejo.

O processo de retirada é feito geralmente utilizando uma embarcação de pequeno porte, geralmente utilizados na pesca artesanal costeira e em casos mais recentes, barcos de fibra de vidro adaptados e reforçados.

Na grande maioria dos casos observados, a coleta é realizada por, no mínimo, dois indivíduos que partem do rancho de manejo / beneficiamento na praia e se dirigem até a

área de cultivo, iniciando o processo de seleção e retirada das estruturas de cultivo, colocando-as na embarcação.

No exemplo a seguir observam-se três indivíduos responsáveis pelo processo de manejo de coleta. Um deles pilota a embarcação, em sua maioria motorizada, enquanto os outros dois realizam a tarefa de coletar o cabo guia do espínhel ou espínhel (Figura 2.6). Pode-se observar neste procedimento uma postura bastante inadequada de realização de esforços como será discutida com maior profundidade a seguir.

Em seguida erguendo o cabo, os maricultores efetuam a etapa de travamento do espínhel (figura 2.7). Esta tarefa é comumente efetuada por dois indivíduos, ora para auxiliar na realização do esforço, ora para contrabalançar o peso na embarcação. O próximo passo é liberar a lanterna do elemento de fixação com o espínhel (figura 2.8). Em seguida, efetua-se o embarque da lanterna (Figura 2.9).



Figura 2.6 - Coleta do espínhel.



Figura 2.7 - Fixação do espínhel na embarcação.



Figura 2.8 - Desprendimento da estrutura do espínhel.



Figura 2.9 - Embarque da lanterna.

A operação descrita é repetida em função do número de lanternas que se planejou manejar naquele período, repetindo os procedimentos até atingir o limite de carga da

embarcação. Em muitos casos, excede-se o limite de carga da embarcação, segundo relatos dos próprios produtores, o que já ocasionou alguns acidentes como naufrágios e perda tanto da produção quanto de equipamentos como motores de popa, tanques de combustível e demais objetos, sem mencionar o risco de acidentes mais sérios envolvendo os próprios operadores da embarcação.

Neste ponto, vale ressaltar que através das observações efetuadas nos locais de cultivo, constatou-se que a maioria dos usuários de embarcações não utilizava os equipamentos de segurança obrigatórios que a marinha do Brasil, em especial a capitania dos portos, exige para a atividade, como coletes salva-vidas, bóias e sinalizadores.

Este tipo de procedimento se repete também no cultivo de mexilhões, com a diferença de que na média, no atual processo de produção, o peso de uma penca de mexilhões dificilmente excede os 25 Kg.

2.4.1 Análise ergonômica do manejo

“A natureza impõe ao gênero humano a necessidade de prover a vida diária através do trabalho. Dessa necessidade, surgiram todas as artes como as mecânicas e as liberais, que não são desprovidas de perigos, como, aliás, todas as coisas humanas. É forçoso confessar que ocasionam não poucos danos aos artesãos, certos ofícios que eles desempenham. Onde esperavam obter recursos para sua própria manutenção e a da família, encontram graves doenças e passam a amaldiçoar a arte à qual se haviam dedicado”. (RAMAZZINI B, 1700).

Três séculos após Bernadino Ramazzini (1633-1714), ter publicado o trabalho - As Doenças dos Trabalhadores - um dos primeiros estudos sobre a saúde de trabalhadores em seus locais de trabalho, posteriormente denominada Medicina do Trabalho.

Observa-se na maricultura, uma atividade relativamente nova no cenário nacional, um cenário preocupante do ponto de vista da saúde dos trabalhadores, mais especificamente naqueles envolvidos no processo de manejo.

As L.E.R. / DORT - Lesões por Esforços Repetitivos / Distúrbios Músculo Esqueléticos Relacionados ao Trabalho, recentemente também sendo chamados de (DMO) ou Distúrbios Músculo-esquelético Ocupacionais, são a segunda causa de afastamento do trabalho (PREVLER, 2005).

Estes problemas laborais vêm crescendo rápida e progressivamente, acarretando múltiplos impactos em especial médicos, econômicos e sociais.

O DORT é uma síndrome com múltiplos fatores :

- psicológicos , tais como, tensão e distúrbios emocionais, podem preceder e são responsáveis pela manutenção de seus sintomas;
- genéticos;
- organizacionais - demanda, segurança, ambiente, relacionamento com superiores hierárquicos e colegas de trabalho;
- individuais - personalidade, satisfação com o trabalho, relacionamento com familiares, tabagismo, obesidade, percepção inadequada sobre seu estado de saúde;
- idade - redução da capacidade de trabalho após os 50 anos, devido à diminuição da capacidade aeróbica e força muscular que promovem uma diminuição do limiar de fadiga ;
- outros - indenizações trabalhistas e questões de estabilidade no emprego.

Os principais fatores de risco para o desenvolvimento do DORT relacionados ao trabalho são:

1. Sobrecarga Física - trabalhadores com sobrecarga física apresentam maiores problemas na coluna cervical e nos ombros.
2. Sobrecarga biomecânica estática .
3. Sobrecarga biomecânica, dinâmica ou de repetição.
4. Inexperiência: trabalhadores inexperientes apresentam maior índice de problemas em membros superiores .
5. Técnicas incorretas para execução de tarefas.
6. Ambiente físico -
 - a) Espaço, ferramentas, acessórios, equipamentos e mobiliários inadequados.
 - b) Desrespeito postural a angulações, posicionamento e distâncias.
 - c) Utilização de instrumentos ou assentos de veículos que transmitem vibração excessiva.
 - d) Ambiente de trabalho inadequado, tais como: ventilação, temperatura e umidade.
7. Sobrecarga mental - é um fator de mau prognóstico em doenças de membros superiores .
 - a) Trabalho monótono.
 - b) Baixo suporte social e no trabalho.

O manuseio de cargas, em especial o levantamento de cargas, deve ser considerado como trabalho pesado e como tal, necessita de atenção especial do ponto de vista da qualidade de trabalho. O problema principal do manuseio de cargas não recai sobre a exigência dos músculos, mas sim, sobre o desgaste dos discos intervertebrais.

Os danos aos discos intervertebrais (figura 2.10), com suas conseqüências na coluna como um todo, vem se mostrando um problema social e econômico. Essas patologias, incluindo: hérnias discais, desvios da coluna e lombalgias, transformam-se

em problemas agudos e crônicos provocam dores e limitam fortemente a mobilidade e a vitalidade das pessoas, constituindo numa das principais causas de invalidez prematura, segundo (GRANDJEAN, 1998).

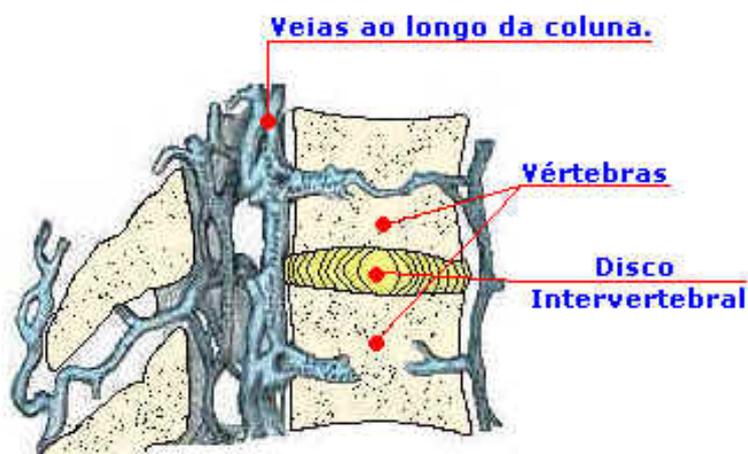


Figura 2.10 – Detalhe da anatomia da coluna vertebral. Fonte: (Prevler, 2005)

Na atividade da maricultura esta realidade se repete, infelizmente, de maneira cada vez mais intensa em função do aumento crescente da produção e da conseqüente necessidade do aumento da carga de esforços físicos dedicados à realização das atividades do manejo, ocasionando um grande número de afastamentos e alguns casos de aposentadorias precoces.

A FAMASC, que não possui estatísticas oficiais do número de trabalhadores vitimados por doenças relacionadas à atividade de manejo, relata de maneira informal que mais de 50 produtores já apresentaram problemas sérios de coluna vertebral em função de suas atividades.

Considerando que o grande salto de produção na maricultura ocorreu a partir do ano de 1999, e que, os sintomas aparecem somente após alguns meses ou anos de exposição aos esforços repetitivos. Dependendo da intensidade e das massas das cargas movimentadas, pode-se prever um cenário futuro de consideráveis problemas para os trabalhadores envolvidos na atividade, pois segundo Krämer (1973) citado por Grandjean (1998) as lesões nos discos intervertebrais são responsáveis por:

- 20% dos afastamentos do trabalho
- 50% das solicitações de aposentadorias precoces

Das 10 doenças que mais afastam as pessoas do trabalho no Brasil, quatro estão relacionadas à dor nas costas. Dados do Instituto Nacional de Seguridade Social - INSS (2004), mostram que a dor lombar (lombalgias), a dor dorsal (dorsalgia), a hérnia de disco e a lombalgia que irradia para as pernas estão entre os problemas que mais levam os brasileiros a pedir auxílio-doença, benefício concedido ao funcionário afastado por doença.

A figura 2.11 mostra a influência da postura do corpo durante o levantamento de cargas na pressão do disco intervertebral entre L3 e L4,¹ sendo:

A) Postura Ereta

B) Postura Ereta com 10 kg de peso em cada braço

C) Levantamento de uma carga de 20 kg com os joelhos flexionados e costas retas(postura adequada para levantamento de cargas)

D) Levantamento de uma carga de 20 kg com joelhos retos e costas curvadas

Considerando que estando em repouso na posição ereta tem-se uma carga correspondente a 100% segundo Nachemson e Efström (1970) citado por Grandjean (1998).

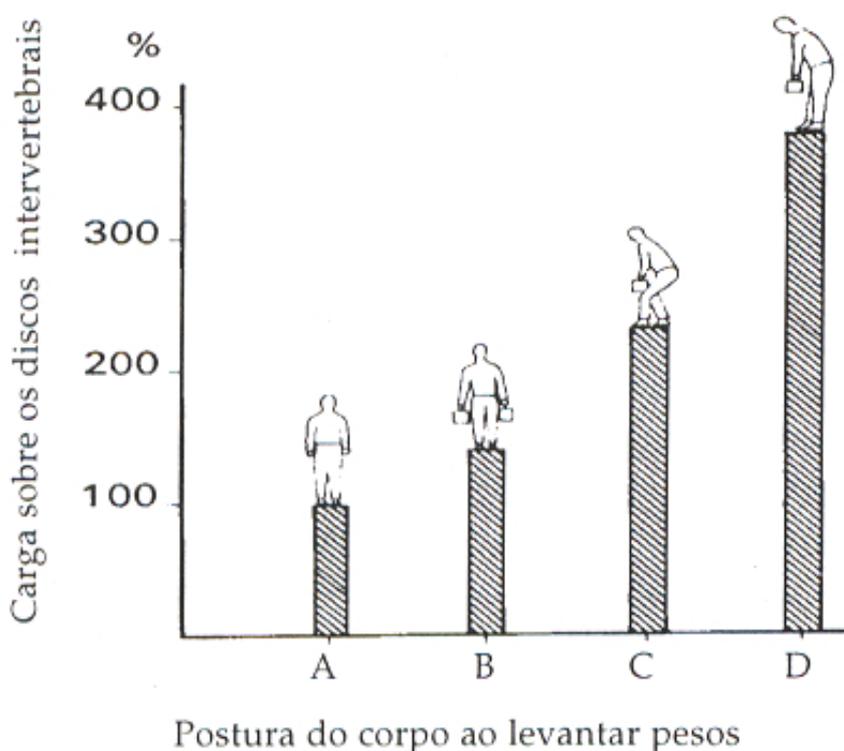


Figura 2.11 – Influência da postura no aumento da pressão nos discos intervertebrais no levantamento de cargas. Fonte: Grandjean (1998) p. 87

Esta figura demonstra o elevado grau de sobrecarga dos discos intervertebrais ao elevar uma carga de maneira inadequada.

A partir dos dados levantados e observando o procedimento de retirada de um conjunto de lanternas, na fase de cultivo final, demonstrado nas figuras 2.6 a 2.9, pode-se observar problemas posturais graves e que em função das cargas das estruturas de cultivo variando entre 20 e 80 Kg.

Considerando que a exposição prolongada a esses esforços ocorre durante praticamente toda a jornada de trabalho e que estes esforços se concentram nas etapas

¹ (Nomenclatura para designar os discos da região Lombar de números 3 e 4)

finais do cultivo, é possível afirmar que a postura inadequada dos postos de trabalho no manejo do cultivo de ostras pode causar uma série de complicações de ordem médica como as patologias acima descritas.

Observando o gráfico da figura 1.3 deste trabalho, onde é mostrado que o aumento significativo da produção ocorreu a partir do ano de 1999, é muito provável que os trabalhadores desta atividade podem vir a apresentar em um futuro próximo os sintomas das lesões e o aparecimento de doenças degenerativas dos discos intervertebrais.

Diante deste cenário, há um sério comprometimento do futuro desta atividade caso não haja uma intervenção na modificação do processo do manejo tanto na modificação das posturas quanto na oferta de equipamentos que permitam a realização do trabalho de uma maneira mais segura, confortável, eficiente e digna para o trabalhador.

2.5 Embarcações usadas no manejo

No decorrer da pesquisa foi detectada uma variação muito grande de embarcações tanto em relação a materiais, forma, dimensões e demais configurações. Uma das constatações foi o reaproveitamento de embarcações utilizadas em outras atividades, adaptando segundo a conveniência do proprietário.

Para melhor familiarizar os termos usados nas configurações de embarcações, o Quadro 2.1 apresenta alguns termos usados para definir as partes das embarcações e a figura 2.12 as ilustra.

Quadro 2.1 - Definição de termos navais. (BARROS,1985)

Embarcação	É toda construção que flutua, sendo especificamente destinada a transportar cargas pela água.
Proa	Extremidade anterior da embarcação no sentido de sua marcha normal. A proa é a origem de contagem das marcações relativas. Corresponde aos 000º relativos.
Popa	Extremidade posterior da embarcação. Para efeitos de marcações relativas corresponde a 180º.
Bochechas	Partes curvas do costado de um ou outro bordo junto à proa.
Alhetas	Parte do costado de um e de outro bordo entre a popa e o centro da embarcação.
Comprimento Total	É a medida usual para a distância horizontal medida entre as perpendiculares a um plano horizontal que contem a linha proa-popa da embarcação. O comprimento total também é conhecido como comprimento roda a roda.
Comprimento de arqueação	É o comprimento entre a face interna da proa no encosto com o convés principal e a face interna da popa.

Boca	É a maior largura de uma embarcação
Pontal	É a distância vertical medida do convés até um plano horizontal que passa pela quilha da embarcação.
Calado	É a distância vertical entre a superfície da água (linha d' água) e a parte mais baixa da embarcação no ponto considerado. Toda embarcação possui 2 calados: o Calado máximo - a plena carga; e o calado mínimo - descarregada.
Borda Livre	É a distância vertical medida entre o plano do convés e a superfície da água, normalmente, na parte de maior largura da embarcação.

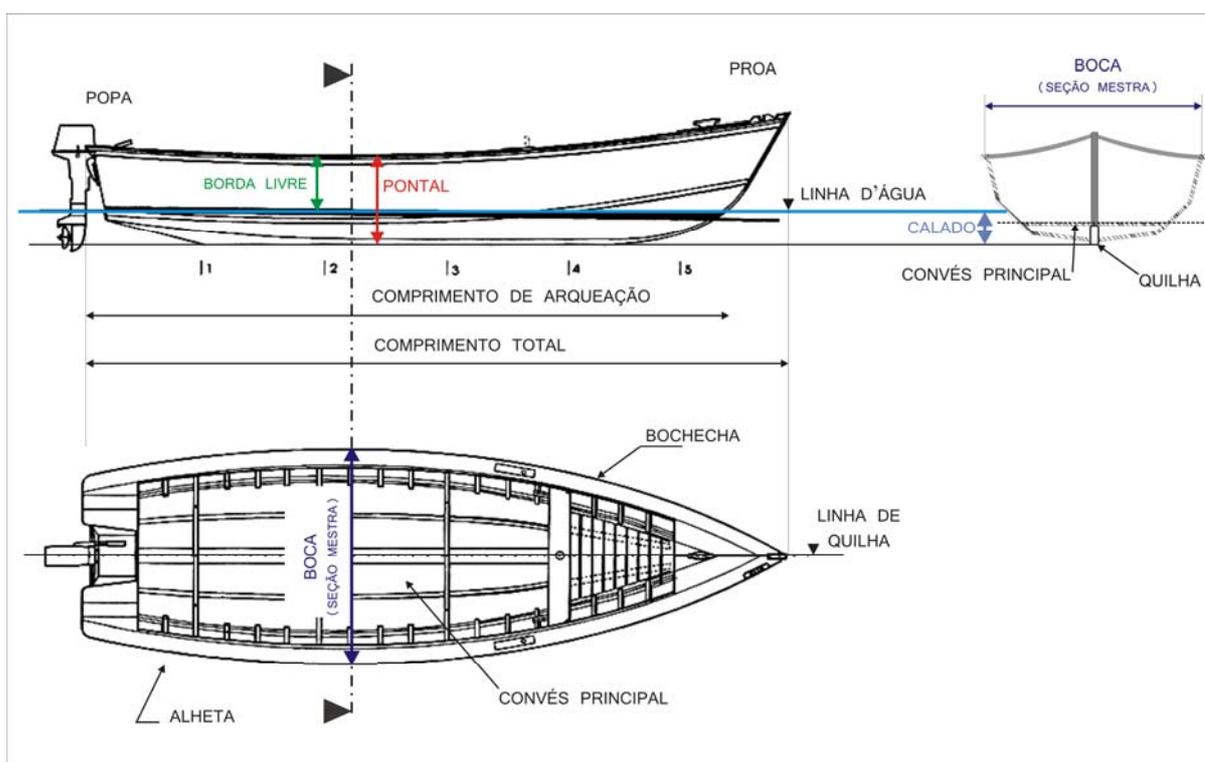


Figura 2.12 – Denominações das partes e nomenclatura das embarcações.

Em Santa Catarina, a maricultura, conforme demonstrado no capítulo 1, apresenta-se como uma atividade alternativa à pesca artesanal e tem como principais atores deste processo, indivíduos que outrora exerciam a atividade de pesca artesanal e para tal, utilizavam as mais variadas embarcações para realizá-la.

Com a migração para a maricultura, houve uma permanência e continuidade de valores e práticas comuns da atividade de pesca.

As embarcações utilizadas na pesca também foram mantidas na maricultura por algumas razões, entre elas, a manutenção do paradigma do uso das embarcações tradicionais, o apego pelos bens de maior valor, falta de recursos para adquirir uma embarcação mais adequada a atividade e falta de embarcações adequadas disponíveis para o padrão econômico dos produtores.

Há também o perfil do produtor profissional, que exerce a atividade empresarialmente, investindo na aquisição de equipamentos disponíveis para o manejo ou adaptando por falta de equipamento específico.

Para desenvolver um equipamento compatível com as necessidades dos produtores locais foi necessária a realização de uma pesquisa do universo de embarcações encontradas tanto no processo atual de manejo de maricultura quanto das possibilidades de uso das disponíveis no mercado.

A análise das embarcações usadas permite demonstrar as necessidades e restrições a serem consideradas no processo de pesquisa. Foram considerados os mais variados tipos de embarcações envolvidas no processo. Para agrupá-las de modo a considerar as características técnicas e construtivas, além de avaliar o desempenho e os atributos relativos a custos, durabilidade e aplicabilidade do projeto, as embarcações foram agrupadas segundo seu material de construção predominante.

2.5.1 Embarcações de alumínio

As embarcações de alumínio e duralumínio (figura 2.13) se apresentaram como uma alternativa inicial bastante interessante tanto sob o ponto de vista de praticidade quanto de custos. Entretanto, a durabilidade deste tipo de embarcação originalmente projetada para passeios e pesca recreativa se apresentou pouco resistente à atividade diária de manejo.

A estrutura apresenta-se na maioria dos casos comprometida pelas deformações causadas pelas constantes sobrecargas, além do desgaste prematuro dos rebites de fixação do casco, o que compromete não somente a vida útil da embarcação como também a segurança dos usuários (figura 2.14).

Outro problema grave apresentado é a instabilidade lateral da embarcação que foi projetada para ter um melhor desempenho para o deslocamento de pessoas em atividades como pesca e recreação e não em acesso e transporte de cargas.

Há também embarcações em alumínio projetadas (sic) para deslocamento de estruturas de cultivo como a da figura 2.15 que segundo os próprios comerciantes, não possuem capacidade de carga ou estabilidade necessárias para o manejo.

Em um caso específico, foi encontrado o barco de origem francesa, da empresa Mulot® na figura 2.16, que é confeccionado em alumínio naval, segundo dados do próprio fabricante e em seu processo de fabricação as chapas deste material são soldadas e não rebitadas como os demais modelos. Seu desempenho é bastante satisfatório em termos operacionais, entretanto, seus custos tanto de aquisição (aproximadamente € 20.000,00, o que em reais em Março de 2005 equivale a R\$ 72.000,00). Praticamente todas as embarcações observadas utilizam motor de popa a gasolina tanto 2 tempos quanto 4 tempos, o que também é um fator restritivo tanto do ponto de vista de custos operacionais quanto de emissão de poluentes já que os modelos

2 tempos são extremamente poluentes em função da queima incompleta da mistura ar / combustível / lubrificante.



Figura 2.13 – Embarcação de duralumínio projetado para pesca recreativa usado em manejo.



Figura 2.14 – Flagrante de vazamento no casco de um barco construído com uso de rebites de alumínio.



Figura 2.15 - Embarcação de 3,5m com capacidade de 70 kg de carga.



Figura 2.16 – Embarcação Francesa da empresa Mulot® adquirido pela Prefeitura Municipal de Florianópolis - SC.

2.5.2 Embarcações de Madeira

Conforme apresentado anteriormente, as embarcações tradicionalmente utilizadas na atividade de pesca artesanal no litoral catarinense foram naturalmente colocadas em uso na maricultura. Entre as embarcações estão:

Baleeira – Embarcação de madeira de dimensões que variam entre 4 e 12 metros figuras 2.17 e 2.18. São comumente usadas para pesca de arrastão. Possuem estrutura resistente e reforçada além de convés amplo. Sua estabilidade é uma característica importante e em função desta está sendo utilizada por alguns maricultores como embarcação de manejo. Em função de seu peso elevado e de sua configuração de casco apropriado para condições de mar mais agitado, possuem baixa mobilidade para transitar entre as linhas de cultivo da maricultura.

Bateiras - São embarcações de menor porte, de fundo chato permitindo o traslado em baixas profundidades (até 10 cm de calado), (figura 2.19). São mais usadas pelos pequenos produtores que utilizam sistemas de cultivo de mesa ou varal.

Canoas - Apesar das pequenas dimensões e da aparente instabilidade as canoas esculpidas em troncos ou confeccionadas em fibra de vidro, são usadas em alguns cultivos de pequeno porte, principalmente nos de águas mais rasas, (figura 2.20). São usadas em sistemas de cultivo tipo mesa, pois facilitam a entrada do produtor por baixo das estruturas fixas, facilitando sua mobilidade. Apresentam considerável instabilidade e baixa capacidade de carga.



Figura 2.17 - Bote com sistema de deslocamento adaptado ao motor de propulsão.



Figura 2.18 - Baleeira usada para pesca no litoral catarinense.



Figura 2.19 - Bateiras usadas na pesca de camarão em áreas de baixa profundidade.



Figura 2.20 - Canoa esculpida em tronco de madeira usada para manejo em sistemas suspensos, instável e com baixa capacidade de carga

2.5.3 Embarcações de Fibra de vidro

As embarcações construídas em fibra de vidro figuras 2.21 a 2.24 vêm apresentando uma presença maior no cenário da maricultura. Em função do alto custo de

aquisição, estas embarcações eram utilizadas como embarcações de apoio e ou reaproveitadas e usadas para manejo.

Além de oferecer maior resistência ao desgaste da atividade de manejo, os barcos de fibra possuem uma capacidade de carga muito maior que modelos de mesmo comprimento de alumínio e oferecem uma relação custo benefício para maricultura maior que os outros modelos principalmente em função dos custos de manutenção reduzidos em relação aos de alumínio, por exemplo.

Outra característica importante é a capacidade de adaptação das embarcações de fibra, por exemplo com a retirada de bancos e assentos na fase de construção e substituindo por reforços estruturais.



Figura 2.21 – Embarcação de fibra adaptada com sistema elevatório hidráulico.



Figura 2.22 – Embarcação de fibra usada para transporte e manejo.



Figura 2.23- Embarcação de fibra usado pelo LMM UFSC.



Figura 2.24 – Embarcação de fibra de vidro chilena em uso experimental.

2.6 Máquinas e equipamentos utilizados no cultivo de ostras no Brasil.

A lacuna tecnológica deixada pela falta de desenvolvimento de produtos destinados a maricultura brasileira faz com que os produtores encontrem soluções empíricas para solucionar os problemas.

Observando as embarcações comumente encontradas no manejo e relatos dos pesquisadores envolvidos, percebe-se uma grande variedade quanto à forma, modelos e

dimensões dessas embarcações. Como a maioria dos produtores utiliza de maneira adaptada e improvisada, ocorrem riscos em função de sobrecargas e comprometimento do equilíbrio.

Para melhor exemplificar o uso dessas embarcações no processos de manejo e retirada, analisaremos os casos observados a seguir.

- a) A embarcação da figura 2.25, demonstra uma tentativa rústica e improvisada de um produtor solucionar o problema através da colocação de um guincho manual em sua embarcação. Essas soluções são comumente encontradas nos cultivos, entretanto, praticamente todos os proprietários ou usuários reclamam de sua ineficiência e tendem a abandonar o mecanismo por falta de praticidade e eficácia.
- b) A embarcação tipo balsa da figura 2.26 também é usada como forma de manejo, entretanto, seu uso se concentra na manutenção dos espinheis, movimentando as poitas, sistemas de ancoragem usados para manter fixas as pontas dos espinheis no fundo do mar. Algumas tentativas de uso de balsas no manejo de lanternas foram feitas, porém sem muito sucesso em função da dificuldade de deslocamento desta embarcação entre as linhas de manejo.

As balsas, entretanto se apresentam como boas alternativas como princípio de solução para projetos futuros que considerem a mudança de logística na forma de manejo atual. Podem ser usadas como estações intermediárias entre os pontos de cultivo e o local de lavação e classificação, podendo, inclusive, servir de pontos de beneficiamento.



Figura 2.25 – Exemplo de embarcação de pesca adaptada empiricamente pelos produtores para auxiliar no processo de retirada – GEPP (2003).



Figura 2.26 – Balsa de manejo de poitas adaptada por produtores incluindo uma área plana de movimentação – GEPP (2003).

A seguir, serão mostrados alguns exemplos de embarcações que utilizam equipamentos adaptados para realizar as tarefas de deslocamento de estruturas de cultivo.

2.6.1 Embarcação Francesa – Mulot®

Material: Alumínio naval

Capacidade de Carga: aprox. 700Kg

Dimensões: 7,5 m de comprimento por 2,4 m de boca.

Mecanismo auxiliar: É dotado de um sistema hidráulico de elevação montado em sua proa.

Propulsão: Motor de popa 120 CV gasolina

Propriedade: Público, pertence à Prefeitura Municipal de Florianópolis e é utilizado em caráter experimental entre produtores.

Observações: A configuração do seu casco proporciona fácil acesso lateral como mostra a figura 2.27, entretanto compromete sua estabilidade e segurança em situações de mar mais agitado. A operação de seu braço hidráulico, figuras 2.28 e 2.29 é simples e proporciona uma excelente redução do esforço por parte dos usuários, entretanto não possui sistema de apoio e trilhamento do espínhel, dificultando a seqüência de manejo (figura 2.30).

Possui motorização a gasolina e apresenta um elevado consumo de combustível. Seu custo é praticamente proibitivo sob o ponto de vista dos níveis de produção e renda dos produtores locais.



Figura 2.27 – Embarcação francesa usada em Florianópolis – SC.



Figura 2.28 – Operação do braço hidráulico presente na embarcação francesa.



Figura 2.29 - Detalhe do braço hidráulico – fonte: Mulot (2004).



Figura 2.30 - Embarcação de alumínio equipada com braço hidráulico utilizada em Florianópolis – SC fonte: Mulot (2004).

2.6.2 Baleeira adaptada com guincho mecânico

Material: Madeira

Capacidade de Carga: aprox. 1200 kg²

Propulsão: Motor de centro 11 CV Diesel

Dimensões: 6,5 m de comprimento por 1,8 m de boca.

Mecanismo auxiliar: É dotado de um sistema mecânico de elevação montado no centro da embarcação e que através de um guincho acoplado ao motor da embarcação figura 2.31, realiza a retirada por um mastro de aproximadamente 3,2m de altura. Entretanto, seu uso é esporádico, cabendo aos usuários realizarem as tarefas de manejo manualmente figura 2.32.

Propriedade: Particular

Localidade: Praia do Sambaqui – Florianópolis - SC

Observações: Seu casco foi construído sob medida em função das especificações do proprietário que idealizou este sistema. O casco possui boa estabilidade e elevada capacidade de carga, entretanto em função da configuração do mecanismo elevatório, apresenta uma forte tendência de adernamento.



Figura 2.31 – Embarcação tipo baleeira adaptada com guincho mecânico acoplado ao motor.



Figura 2.32 – Deslocamento manual utilizando mastro de elevação.

2.6.3 Baleeira adaptada com guincho Manual

Material: Madeira

Capacidade de Carga: aprox. 3500 kg³

Mecanismo auxiliar: É dotado de um mastro de elevação de aproximadamente 3,5m de altura e uma lança que se projeta para a lateral de aprox. 1,8 m, montado centralizado na proa da embarcação. Possui um sistema de moitões para acionamento da elevação manual por cabos, sem catracas.

Propulsão: Motor de centro / popa 22 CV Diesel

Dimensões: 8,4 m de comprimento por 2,85 m de boca figura 2.33.

² Dados do proprietário

³ Informações do proprietário da embarcação, não foram realizados ensaios

Propriedade: Particular,

Localidade: Praia da Caeira da barra do sul- Florianópolis - SC

Observações: O casco possui dimensões acima das recomendadas pela Marinha / Capitania dos Portos para a maricultura. Em função de suas dimensões a embarcação possui uma excelente estabilidade, entretanto sua mobilidade é comprometida. A boca da embarcação é de 2,8 m, com isso, o posicionamento do mastro do guincho na proa exige uma lança de grande comprimento para alcançar o cabo de cultivo e as lanternas. Já que a curvatura das bochechas faz com que o alcance da lança seja inferior a largura da boca, comprometendo a possibilidade de uso de um sistema de apoio do espinhel na lateral como mostrado na figura 2.34.



Figura 2.33 – Embarcação adaptada com guincho de mastro e lança Sambaqui – Florianópolis – SC



Figura 2.34 – Vista do esquema de mastro e lança - Sambaqui – Florianópolis – SC

2.6.4 Embarcação chilena em fibra de vidro com guincho hidráulico e manual

Material: Fibra de vidro reforçada com Poliuretano

Capacidade de Carga: aprox. 1000 kg⁴

Dimensões: 7,6 m de comprimento por 2,5 m de boca figura 2.35.

Mecanismo auxiliar: Possui um braço montado centralizado na proa da embarcação com guincho de acionamento hidráulico figura 2.36. Este guincho, guiado por um cabo não permite o embarque adequado das lanternas pois se projeta demasiadamente longe de um ponto de fácil acesso para trazer esta lanterna para bordo. Possui ainda apoiadores laterais em forma de roldanas dentadas chamadas pelos produtores de roda estrela figura 2.37 para fixar e guiar o espinhel. Esta roda estrela é apontada pelos especialistas como uma das melhores e mais eficientes formas de oferecer apoio e permitir a estabilização do posicionamento da embarcação em relação ao espinhel.

Propulsão: Motor de centro/popa 40 CV Diesel

Propriedade: Particular, CTTMar (Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar) – Univali (Universidade do vale do Itajaí)- Penha -SC

⁴ Informação fornecida pelo responsável pela embarcação.

Observações: Embarcação importada do Chile onde é utilizado nos cultivos (principalmente de mexilhões) daquele país com sucesso. Possui uma excelente estabilidade para qualquer condição de mar. Permite o uso de equipamentos de lavagem e classificação embarcados em função de seu amplo e plano convés figura 2.38, além de permitir um numero maior de tripulantes. Seu custo de aquisição e manutenção é elevado para os padrões dos produtores locais. Está sendo usado de maneira experimental pela Univali em seus cultivos de estudo.



Figura 2.35 - Embarcação em manejo de lanternas- CTTMAR - Univali.



Figura 2.36 - Sistema de deslocamento das lanternas com guincho de acionamento hidráulico - CTTMAR - Univali.



Figura 2.37 - Roda estrela - serve como guia para long line e permite passagem de bóias e cabos de suporte das estruturas de cultivo - CTTMAR - Univali.



Figura 2.38 - Amplo convés permite operação de manejo com estabilidade além de grande capacidade de transporte de lanternas - CTTMAR - Univali.

2.6.5 Embarcação de fibra de vidro adaptada com braço hidráulico

Material: Fibra de vidro reforçada

Capacidade de Carga: aprox. 800Kg (dados do proprietário)

Dimensões: 6,8 m de comprimento por 1,9 m de boca figura 2.39.

Mecanismo auxiliar: É dotado um guincho com acionamento hidráulico para içamento do *long line* localizado no centro da embarcação.

Propulsão: Motor de centro/popa 20 CV Diesel

Propriedade: Particular

Localidade: Ribeirão da ilha – Florianópolis - SC

Observações: Embarcação adaptada de um modelo comercial (embarcação Travessia 21 – estaleiro Krause). Possui uma excelente estabilidade para qualquer condição de mar. Tem convés amplo e permite a instalação de equipamentos em seu interior além de facilitar a movimentação dos trabalhadores. O braço hidráulico da figura 2.40, apresenta um tempo demasiado alto de elevação da carga, além de ocupar muito espaço útil da embarcação (figura 2.41). Tem um custo estimado (sem motorização) em torno de R\$ 11.000,00 segundo dados do estaleiro produtor. Esta embarcação é utilizada em uma empresa de cultivo de moluscos que possui uma grande produção, seu casco foi produzido sob medida e o sistema do braço hidráulico foi desenvolvido através da adaptação de partes de uma retro-escavadeira.



Figura 2.39 – Embarcação em fibra de vidro com braço hidráulico central.



Figura 2.40 – Sistema hidráulico em curso total de elevação.



Figura 2.41 – Área ocupada pelo guincho no interior da embarcação.

2.7 Máquinas e equipamentos utilizados no cultivo de ostras no exterior.

Para compreender como ocorre o processo de manejo em outros países, foi feita uma pesquisa sobre formas de cultivo e equipamentos utilizados no manejo entre os principais países produtores, à exceção da china onde muito pouca informação pode ser obtida. Nos países onde existem sistemas similares ao cultivo realizado no Brasil, encontra-se um numero considerável de equipamentos embarcados, em sua maioria, em embarcações especificamente projetadas para a atividade.

Encontram-se também, embarcações que possibilitam realizar etapas do processo como lavação, classificação, encordoamento e transporte embarcados, aumentando a produtividade figura 2.42 e 2.51.

Em países como Canadá, EUA, Espanha, Nova Zelândia e Austrália, existem embarcações maiores, dotadas de sistemas hidráulicos voltados para o manejo de um grande volume de cultivo, principalmente em função do cultivo se localizar em águas mais profundas, diferente da encontrada em nosso litoral. Essas embarcações são de grande porte, sendo construídas de materiais como alumínio, aço e madeira figuras 2.42 a 2.51. A escala de cultivo nesses países, bem como os locais onde são feitos os cultivos, proporciona o uso dessas embarcações, além do alto custo da mão de obra que obriga a utilização mais intensiva de equipamentos.



Figura 2.42 –Embarcações de grande porte, cabine popa, para manejo e transporte de grandes cultivos na- (McBridedesign, 2004)



Figura 2.43 - Guindastes de braço duplo para grandes cargas instalado na popa - (McBridedesign, 2004).



Figura 2.44 - Embarcação de alumínio para com guincho central - Alucraftboats (2004).



Figura 2.45 - Embarcação de grande porte, cabine proa, com braço hidráulico telescópico central - (McBridedesign, 2004).



Figura 2.46 - Embarcação de manejo de cestos de cultivo de lagostas com guincho elétrico utilizando roldanas e polias - Wstportwa (2003).



Figura 2.47 - Embarcação de alumínio com braço hidráulico lateral; - Alnmaritec (2003).



Figura 2.48 - Embarcação de alumínio borda livre baixa e braço hidráulico lateral; Alnmaritec (2003).



Figura 2.49 - Embarcação de alumínio com guincho manual lateral - Alucraftboats (2003).



Figura 2.50 - Braço hidráulico c/ cabo para remoção de grandes cargas.



Figura 2.51 - Embarcação de carga com braço hidráulico de carga na proa.

Como a maioria das embarcações mostradas acima possui sistemas de deslocamento de cargas baseado em princípios hidráulicos, através de braços articulados movimentados pela ação das forças produzidas pelos atuadores hidráulicos.

Em alguns casos como o encontrado na Figura 2.46 a elevação é feita utilizando carretéis de tração de cabos de aço, conduzindo as estruturas de cultivo até a superfície.

Podem-se observar das figuras 2.50 e 2.51 outros exemplos de embarcações e estruturas que tem por função realizar atividades semelhantes às propostas para o sistema de deslocamento de estruturas de cultivo.

Apesar diversidade de dimensões e aplicações dos equipamentos aqui mostrados, os princípios de deslocamento de estruturas se mantêm constantes, alterando o princípio de atuação de forças, a configuração dos mecanismos, a disposição de atuadores e componentes auxiliares e de conversão da energia empregada para realizar o trabalho.

A observação desses diferentes princípios proporcionou à equipe de projeto além do conhecimento necessário sobre a realidade encontrada em termos tecnológicos no mundo, oportunidade de utilizar princípios de solução para geração de alternativas.

2.8 Considerações sobre o estado da arte.

O objetivo deste capítulo foi levantar informações de forma organizada sobre o estado da arte da mecanização da maricultura no Brasil e o levantamento das opções tecnológicas disponíveis em termos mundiais, além de apresentar o cenário nacional e mundial desta atividade.

As considerações sobre os problemas ergonômicos encontrados revelam um cenário preocupante e que deve ser considerado no desenvolvimento do equipamento para que se obtenha uma configuração que atenda as variáveis ergonômicas.

Foram encontradas diversas embarcações dotadas de equipamentos artesanais e rústicos, desenvolvidos pelos próprios produtores na maioria dos casos, o que mostra que o trabalho de desenvolvimento destes equipamentos se encontra em um estágio primário, praticamente inexistente sob o ponto de vista industrial.

O material encontrado é amplo em certos casos, e carente de maiores especificações em outros, o que ocorre em função da natureza diferenciada dos equipamentos. Não há na literatura nacional pesquisa sobre desenvolvimento de produtos voltados para esta promissora atividade econômica, focado no tema deste projeto. O que acaba por tornar este trabalho de pesquisa pioneiro.

Durante o estudo dos equipamentos usados no exterior, percebeu-se, a predominância do uso de sistemas hidráulicos no processo de deslocamento das estruturas de cultivo, além do uso de embarcações de alumínio de grande porte.

As configurações de disposição dos componentes no convés das embarcações são variadas e dependem do ponto onde foi instalado o sistema de elevação. Nos modelos artesanais nacionais observa-se uma baixa consideração de critérios de segurança em função do uso de equipamentos que desestabilizam e comprometem o equilíbrio da embarcação.

Quanto aos meios de propulsão, observou-se no cenário nacional a predominância da propulsão humana com o uso de remos e varas, porém, com o uso crescente de embarcações dotadas de motores de popa ou adaptações de embarcações utilizadas na pesca tradicional com motores de centro a diesel.

Estes últimos, porém, em número ainda reduzido enquanto que no cenário internacional a predominância de embarcações de grande porte, de propulsão central e fonte de energia para os sistemas auxiliares pouco pode ser comparada com a realidade local por se assemelharem mais a navios indústria que meramente embarcações de manejo.

As embarcações utilizadas atualmente nos cultivos do estado, não suprem a demanda e as necessidades dos produtores locais. Seus custos de utilização e manutenção são elevados. Outro fator importante a ser observado é a complexidade de operação dos equipamentos hidráulicos e o alto custo envolvido, o que torna incompatível ao padrão de uso do produtor local.

Mesmo supondo que estes equipamentos sejam funcionalmente compatíveis com as condições brasileiras, a sua aquisição por parte dos maricultores brasileiros é praticamente inviável em função do seu preço elevado. Por fim, pode-se dizer que o material coletado, neste capítulo, será extremamente útil para apoiar o desenvolvimento do sistema de manejo desejado.

Um ponto importante que vale a pena ser novamente lembrado é que o objetivo ou foco deste trabalho foi de desenvolver um equipamento voltado para o manejo utilizando os barcos existentes em função do baixo poder aquisitivo dos produtores, desconsiderando a possibilidade de desenvolver um projeto específico de embarcação.

Desta forma, o desenvolvimento do equipamento deve prever a adaptação do mesmo em um número variado de embarcações. Porém, em função da baixa resistência estrutural, de critérios de segurança, de aspectos de expansão e capacidade de carga, tanto atuais como futuros, as concepções desenvolvidas não prevêm a instalação dos equipamentos em barcos de duralumínio de recreio ou de pesca amadora, encontrados em alguns cultivos figura 2.52.

Essas embarcações além de não possibilitarem a segurança e a durabilidade necessárias para contemplar a necessidade básica da inserção de um equipamento de manejo: aumento de produtividade com conforto e segurança, não oferecem a possibilidade de expansão da capacidade produtiva em função de sua configuração original não ser direcionada para transporte e manuseio de cargas. Sua forma de construção que utiliza rebites tende a sofrer um desgaste prematuro em função dos excessos de carga e esforços realizados durante o manejo figura 2.14.



Figura 2.52 - Barco de alumínio (duralumínio) rebitado utilizado comumente no manejo.

Como pôde ser visto, a falta de mecanização das atividades de deslocamento das lanternas nas fazendas marinhas produtoras de ostras no Brasil, mais especificamente no estado de Santa Catarina, estado detentor de mais de 80% da produção nacional de ostras, além de um gargalo de produção é um risco constante para os trabalhadores desta atividade.

Observando o que foi pesquisado em relação as condições de trabalho dos produtores, embarcações utilizadas e possibilidades tecnológicas, é possível orientar a equipe de projeto para os seguintes parâmetros de pesquisa:

- O equipamento será utilizado em todas as etapas do ciclo de produção de ostras, diminuindo o tempo ocioso do equipamento e empregando-o em todas as etapas de cultivo, tornando-o multifuncional nas tarefas relacionadas ao manejo.
- Não fará parte do escopo do projeto o desenvolvimento de uma nova embarcação.
- Deve ser proposto um sistema que permita adequar-se às embarcações existentes em função da redução de custos já que uma embarcação adequada para o manejo exige um investimento elevado.
- Evitar utilização da área de convés para instalação do equipamento
- Aumentar ou disponibilizar a maior área livre de convés possível para facilitar o manejo e o deslocamento dos usuários na embarcação.
- Prever os pontos de fixação do equipamento evitando o apoio no fundo da embarcação para evitar vazamentos
- Considerar o sistema de roda estrela como alternativa eficaz no apoio e trilhamento do espinhel
- Considerar o uso de diferentes embarcações, porém, excluindo o uso de embarcações de duralumínio de recreio em função da fragilidade estrutural e da baixa capacidade de carga.
- Verificar a possibilidade de uso de sistemas de acionamento manual para reduzir peso e custos do equipamento.

CAPÍTULO 3

3 PROJETO INFORMACIONAL

3.1 Projeto Informacional

No Projeto Informacional realiza-se a análise detalhada do problema de projeto, a partir das informações necessárias ao entendimento da questão trabalhada previamente coletadas. O objetivo desta fase é desenvolver um conjunto de informações, as mais completas possíveis, denominadas especificações do produto, ou seja, uma lista de objetivos que o produto a ser projetado deve atender (Forcellini et al, 2005).

O esquema da figura 3.1 demonstra o fluxo dos procedimentos necessários para se definir no final as especificações o produto.

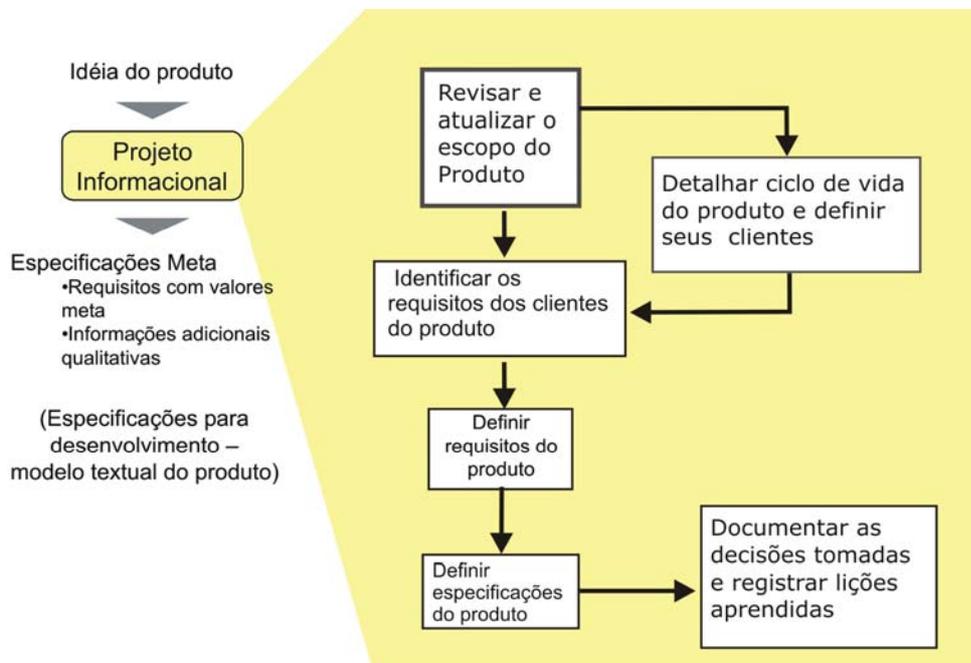


Figura 3.1 – Esquema das etapas do Projeto Informacional – Adaptado: Forcellini et al (2005)

O sentido de alguns termos importantes empregados no texto, como definições de clientes, necessidade e requisito do cliente, requisito e especificações do produto, estão definidos no Quadro 3.1.

Quadro 3.1 - Definição de alguns termos pertinentes à fase de projeto informacional

TERMO	SIGNIFICADO
Cliente externo	Pessoas que irão usar ou consumir o produto, associados aos setores de consumo, onde o produto é usado em funcionamento
Cliente intermediário	Pessoas responsáveis pela distribuição, <i>marketing</i> e vendas do produto, associados aos setores de mercado, onde o produto é comercializado
Cliente interno	Pessoas envolvidas no projeto e na produção do produto, fazem parte ou estão associados aos setores produtivos, onde se agrega valor ao produto.
Necessidades dos clientes	Declarações diretas dos clientes, geralmente em linguagem subjetiva.
Requisitos dos clientes	Necessidades expressas em linguagem de engenharia.
Requisitos do produto	Requisitos mensuráveis, aceitos para o produto.
Especificações do produto	Requisito do projeto com valor meta atribuído, forma de avaliação e aspectos indesejáveis na sua implementação.

3.2 Revisar e atualizar o escopo do produto

Nesta atividade o objetivo principal é o de estudar o problema de projeto. Para tal, são coletadas e analisadas informações que auxiliam no entendimento da forma mais adequada possível o real problema.

De um modo geral, observa-se a falta de dados estatísticos oficiais voltados à maricultura. Informações relativas ao número de produtores, problemas enfrentados, acidentes, lesões e demais variáveis envolvidas no processo ainda não podem ser encontradas nos órgãos responsáveis, dificultando os meios de referenciar os dados coletados.

A heterogeneidade tanto em termos econômicos quanto sociais e de nível de instrução dos produtores envolvidos na atividade, exige que a coleta de informações ocorra com a presença da equipe de projeto em contato direto com os produtores em seu local de trabalho, inclusive com a experimentação dos procedimentos usados no manejo da atividade, visando o entendimento do problema.

As informações obtidas nas pesquisas realizadas e mostradas no capítulo 2 deste trabalho apresentam a definição ampla do problema do projeto tanto sob o ponto de vista das dificuldades enfrentadas pelos produtores, quanto das disponibilidades tecnológicas passíveis de utilização.

No final do capítulo 2, no item 2.8, são apresentadas recomendações a serem consideradas durante o desenvolvimento do projeto e mais especificamente, nesta etapa de levantamento de necessidades e fornecimento de requisitos.

Além destas informações, a seguir são mostradas algumas informações levantadas nesta atividade.

Em função da necessidade de classificação e agrupamento do produto segundo uma classificação adotada pelos órgãos responsáveis pelo registro de marcas e patentes, este produto se encaixa na denominação de equipamento de Transporte e classificado como Bem de Capital.

Este projeto enquadra-se como um Projeto Adaptativo, pois é o projeto de alto grau de novidade conceitual e pouco grau de complexidade na configuração. Uma vez que definidas as diretrizes do projeto, considera-se que o desenvolvimento de um produto de baixo custo e que utilizará configurações existentes para gerar novos modelos conceituais, enquadra-se dentro desta denominação.

Segundo estimativa da EPAGRI, o valor de compra a ser alcançado deste produto está em torno de R\$ 3.000,00 baseado no conhecimento que os técnicos especialistas daquela instituição tem da realidade dos produtores. Mais uma vez, fica evidente a carência de dados estatísticos nesta atividade.

Sob o ponto de vista da ergonomia, as variáveis ergonômicas devem ter bastante ênfase no desenvolvimento do projeto, uma vez que foi detectada no item 2.4.1 uma série de problemas oriundos da ausência de considerações a cerca das interfaces e do relacionamento entre os usuários e as estruturas de cultivo. Deverá ser respeitada a norma NR 17 (MTE, 2005). Esta Norma regulamentadora visa a estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente.

Em função da necessidade de haver um equipamento embarcado ou uma estrutura presente em ambiente aquático marinho, estes devem seguir as normas de projeto estabelecidas pela Capitania dos Portos, órgão da Marinha do Brasil responsável pela fiscalização das embarcações. Estas normas estão agrupadas na NORMAM 2 – Normas de autoridade Marítima volume 2 obtida em (DCP, 2004).

Além das restrições da marinha, existem as restrições relativas ao ministério do trabalho e emprego do governo federal no desenvolvimento de máquinas e equipamentos na NR 12 (MTE, 2005).

Dentre as restrições de projeto, uma que deve ser observada durante o projeto é a posição mais adequada para a colocação do equipamento na embarcação. As áreas centrais, onde a boca (parte mais larga da embarcação) é maior.

Neste ponto, além da maioria das embarcações possuir maior estabilidade, encontra-se também uma maior área livre para movimentação dos usuários. Esta área também possibilita que o espinhel seja apoiado em pelo menos 2 pontos, fazendo com que a embarcação permaneça paralela, em seu eixo de deslocamento natural (proa – popa), em relação ao espinhel a ser manejado.

3.3 Ciclo de vida do produto

O estabelecimento do ciclo de vida do produto permite uma melhor observação do fluxo de informações necessárias para o desenvolvimento pleno do produto, contemplando as necessidades de todas as fases e dos clientes envolvidos. De um modo geral o modelo do ciclo de vida descreve graficamente ou não, os estágios que o produto percorre desde antes de ser concebido até o seu descarte.

Considerando que o desenvolvimento deste produto resultará na construção de um protótipo de testes visando à experimentação de uma concepção, sem comprometimento com variáveis comerciais ou industriais, foram suprimidas as variáveis relativas aos setores de mercado. O mapeamento do ciclo de vida de um produto, como mostrado na figura 3.2, demonstra a participação dos clientes e sua influência nas respectivas etapas no ciclo de vida.

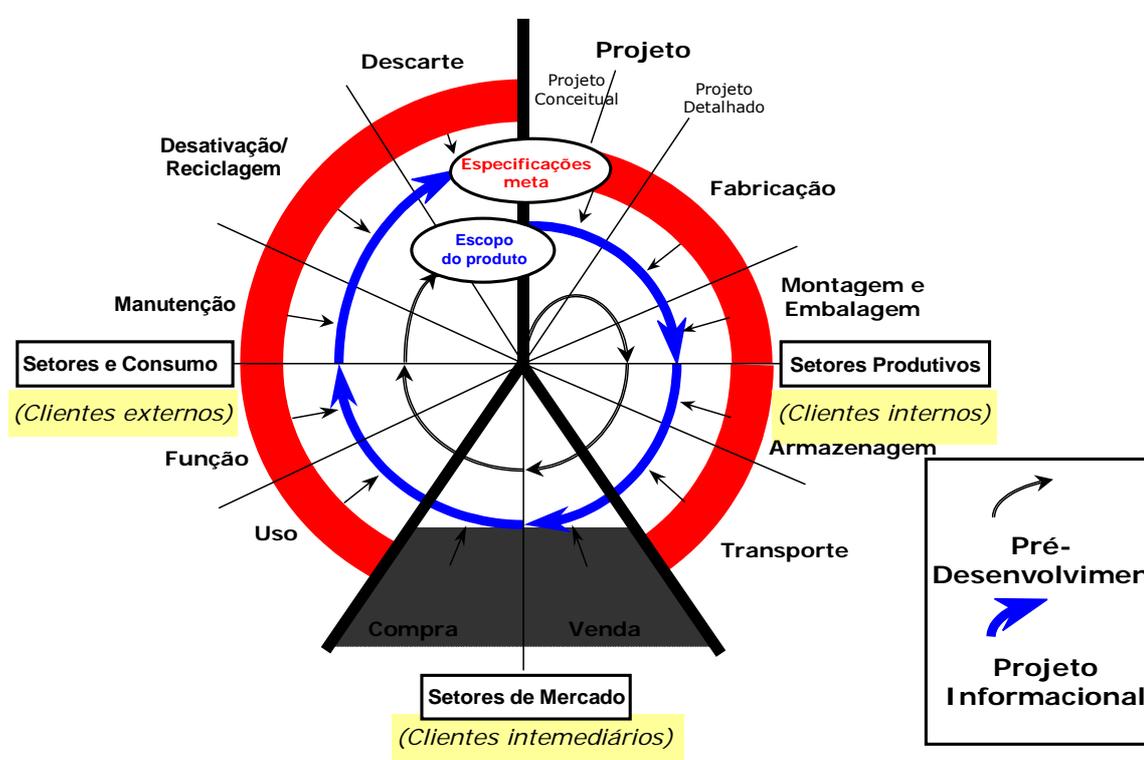


Figura 3.2 – Espiral do desenvolvimento de produto – definição do ciclo de vida do produto. – (Adaptado de Fonseca, 2000)

Como forma de definir algumas variáveis baseadas na definição do escopo do produto, alguns atributos são listados em função das etapas do ciclo de vida, descrevendo características observadas e consideradas desejáveis neste produto e que devem ser consideradas na fase de definição de requisitos.

Estes atributos denominados atributos do ciclo de vida do produto estão descritos no quadro 3.2.

Quadro 3.2 – Definição dos atributos de ciclo de vida do produto.

Atributos do Ciclo de vida	Definições dos Atributos
Fabricabilidade	Analisar materiais não ferrosos (principalmente alumínio) e ou ligas ferrosas resistentes à corrosão (tratamentos superficiais). Pretende-se utilizar polímeros (Polietileno, Polipropileno, Nylon, etc.) e compósitos (fibra de vidro). Utilizar processos simples, de baixo custo, utilizando equipamentos de serralheria, marcenaria e modelagem de polímeros ou fibra, utilizando componentes existentes para redução de custo, facilitando o processo de fabricação e montagem, além de facilitar o trabalho de reposição de peças e componentes.
Montabilidade	As partes do equipamento devem possuir um número reduzido e simplificado de interfaces de encaixe e ajuste com o objetivo de reduzir o desgaste de peças, facilitar a montagem e desmontagem, reduzir tempo de montagem, otimizar o processo de fabricação, não necessitar de tolerâncias muito pequenas. Produto sob encomenda, montagem e ajustes feitos no local.
Embalabilidade	O produto não prevê a utilização de embalagem
Transportabilidade	Como projeto de série limitada e para uso específico, o produto deve ser transportado utilizando no máximo um veículo de transporte leve.
Armazenabilidade	O produto será produzido sob encomenda, não necessitando de embalagem para acondicionamento, porém, deve prever a possibilidade de ser removido da embarcação e ser alocado em local seguro.
Usabilidade	O equipamento necessita possuir um sistema de controle de fácil operação, interpretação e acionamento, devendo possuir uma interface de controle adequada aos padrões sócio-culturais dos usuários. Deve prever uso inadequado e os problemas gerados por estes.
Mantenabilidade	A previsão de tempo de ciclo de vida do equipamento está em torno de 10 anos, assim sendo, a manutenção preventiva deve ser suficiente para a manutenção do funcionamento adequado do equipamento, cabendo ao projeto a previsão de pontos de lubrificação, ajustabilidade de mecanismos, permitir eventuais substituições de peças por desgaste com o mínimo de operações de montagem / desmontagem, uso de peças e componentes uniformizados e padronizados.
Reciclabilidade	Utilizar um número reduzido de materiais diferentes para facilitar o processo de desmontagem e separação de peças a serem enviadas para reciclagem ou reuso.
Descartabilidade	Os materiais empregados no projeto devem ser recicláveis, podendo ser reutilizados como sucata no fim de seu ciclo de vida não necessitando de acomodação ou coleta especial.

3.3.1 Definir os clientes do projeto a partir do ciclo de vida do produto

A correta identificação dos clientes do projeto dentro das fases do ciclo de vida do produto, permite orientar o processo de projeto, visando obter os dados necessários para o desenvolvimento de um produto adequado a todas as suas fases dentro do ciclo de vida.

Para identificar os clientes e suas respectivas participações dentro do ciclo de vida, foi utilizada a espiral do desenvolvimento, descrita em forma de figura dos setores vinculados ao projeto e pessoal envolvido no projeto informacional Figura 3.2.

Com isso se faz necessário traçar o perfil dos clientes envolvidos de modo a compreender a influencia e o nível de participação dentro das etapas do projeto. No desenvolvimento deste projeto os clientes foram mapeados segundo o quadro 3.3.

Quadro 3.3 – Atuação dos clientes no ciclo de vida do produto

		FASES DO CICLO DE VIDA		
		Áreas de atuação		
CLIENTES	Classificação do cliente	Setores Produtivos	Setores de Mercado	Setores de Consumo
Equipe de projeto	INTERNO	Projeto, Montagem, Transporte.		Uso, Função
Especialistas Maricultura	INTERNO	Projeto		Função
Equipe de Fabricação	INTERNO	Projeto, Fabricação, Montagem / Embalagem, Armazenagem, Transporte.		Manutenção
Maricultores	EXTERNO	Projeto		Uso, Função, Manutenção, Desativação / Reciclagem, Descarte

- **Equipe de projeto** – equipe composta por um mestrando do programa de pós-graduação de engenharia mecânica da UFSC, um Engenheiro especialista em projeto, um técnico em fabricação. A equipe possui um especialista em projeto para orientar as atividades e condução do projeto.

- **Especialistas da Maricultura** – formada pela equipe do Laboratório de Moluscos Marinhos da UFSC (LMM) e da EPAGRI. É composta por Biólogos, Engenheiros de aquicultura, Engenheiros agrônomos e bolsistas de iniciação científica do curso de engenharia de aquicultura. A maioria não possui experiência na metodologia do projeto.

- **Equipe de fabricação** – Em função da baixa escala de produção, os responsáveis pela fabricação deverão ser responsáveis pela comercialização a partir da demanda. Estima-se que os equipamentos possam ser construídos em empresas de pequeno porte, sem necessidade de aquisição de equipamentos especiais para o processo fabril, da mesma forma, a mão de obra necessária requer profissionais com treinamento adequado de operação dos equipamentos.

- **Maricultores** – O perfil do maricultor do litoral catarinense apresenta uma grande variação em termos de nível de escolaridade ou grau de instrução, renda e principalmente área de cultivo. Entretanto o perfil destes produtores pode ser traçado a partir de informações da EPAGRI e FAMASC, já que não há estatística oficial disponível sobre o padrão sócio econômico destes produtores.

Segundo esses órgãos, a maioria dos produtores é oriunda da pesca artesanal, tendo baixo grau de escolaridade sendo comum a presença de analfabetismo. Contudo, os maiores produtores desta atividade possuem nível superior de áreas correlatas como agronomia, que introduziram práticas modernas e inclusive, contribuíram através de experimentação e aplicação de métodos para o desenvolvimento da tecnologia de cultivo atualmente empregada. Estes últimos se destacam pelo pioneirismo e pela adoção de uma postura empresarial no trato do cultivo.

Apesar de algumas tentativas, a prática do cooperativismo e trabalho conjunto entre os pequenos produtores não vem, até o presente momento, obtendo sucesso nos cultivos da região de Florianópolis onde se concentra o maior número de produtores de ostras do estado. Os pesquisadores e extensionistas da EPAGRI consideram que esta situação ocorre em função de características culturais dos produtores, que incorporam os paradigmas de produção individualista da pesca em uma atividade que necessita de relacionamentos coletivos para se tornar competitiva entre pequenos produtores.

3.4 Identificar aos requisitos dos clientes do produto

Esta é uma etapa fundamental para o projeto do produto, pois os produtos serão projetados para os clientes e isso deve ser feito de acordo com suas necessidades e desejos.

Conforme descrito no Capítulo 1 deste trabalho, os problemas detectados inicialmente na atividade foram melhor analisados, observando as reais necessidades apresentadas pelos produtores.

As necessidades dos clientes, segundo Juran (1992), podem ser descritas como: Manifestas, reais, latentes, culturais, atribuíveis a usos inesperados e a satisfação do produto.

Existem duas maneiras gerais de levantar as necessidades dos clientes do produto para que estas informações possam ser utilizadas na definição de especificações do mesmo: (a) a coleta das necessidades dos clientes com base nas fases do ciclo de vida do produto, utilizando para este fim questionários dirigidos; (b) a obtenção das necessidades sem consultar os clientes. Neste caso, a equipe de projeto define as necessidades dos clientes baseando-se em pesquisas bibliográficas, em trabalhos iniciais de marketing, na experiência da equipe, no corpo de conhecimento da empresa, em listas de verificação, ou nos atributos do produto (FONSECA, 2000).

Para obtenção destas necessidades neste projeto, as necessidades foram buscadas a partir da presença da equipe de projeto na condição de produtor, uma vez que a aplicação inicial de questionários não forneceu informações muito relevantes à pesquisa.

Com isso, foram feitas várias pesquisas de campo, incluindo produtores de outros municípios, através de visitas aos produtores de todos os níveis de produção, nos principais pólos de produção, incluindo as áreas de maior produção encontradas no município de Florianópolis.

Estas visitas proporcionavam contato direto e eram realizadas entrevistas entre os produtores a fim de identificar os pontos críticos do processo do manejo. Foram realizados registros fotográficos e em vídeo dos procedimentos e das praticas usuais entre os produtores para uma melhor identificação dos problemas em laboratório.

A busca por informações de especialistas ocorreu com visitas aos órgãos responsáveis como a EPAGRI e o LMM, cujos esforços de pesquisa e modelos de cultivo proporcionaram ao estado de Santa Catarina a liderança nacional na produção de ostras.

Os requisitos dos clientes consistem nas necessidades dos clientes escritas em linguagem de engenharia, de modo que possam ser compreendidas claramente pela equipe de projeto. Fonseca (2000) apresenta duas recomendações para auxiliar na conversão de necessidades em requisitos de clientes:

a) Frase composta por um dos verbos ser, estar ou ter, seguido de um ou mais substantivos. b) Frase composta por um outro verbo, seguido de um ou mais substantivos, denotando, neste caso, uma possível função do produto.

A partir dos dados coletados, chegou-se ao estabelecimento dos requisitos dos clientes e usuários do equipamento. O Quadro 3.4 apresenta estes requisitos, também divididos conforme o tipo de cliente, sendo ele interno, externo ou intermediário.

Quadro 3.4 - Requisitos dos clientes e usuários do sistema modular.

CLIENTE	ATIVIDADE	REQUISITOS
Interno	<ul style="list-style-type: none"> • Projeto • Montagem • Armazenamento 	<ul style="list-style-type: none"> • Ter interface simples e adequada aos padrões culturais dos usuários • Sinalizar e indicar suas funções • Simbolizar equipamento industrial • Ser de fácil uso • Ser transportado por duas pessoas no máximo (peso aproximado de 50Kg) • Ser de fácil instalação • Ter baixo custo de produção • Usar peças normatizadas (catálogo) • Ter fácil acesso aos mecanismos • Usar ferramentas padronizadas • Permitir troca de componentes • Ter valor compatível com a realidade econômica dos pequenos e médios produtores. • Estar adequado às normas ambientais • Estar adequado às normas da Marinha do Brasil
Intermediário	<ul style="list-style-type: none"> • Venda • Transporte • Manutenção • Descarte 	<ul style="list-style-type: none"> • Ter durabilidade de 10 anos • Reduzir pontos de acúmulo de água • Ter baixa manutenção • Ter Fácil manutenção • Ter baixo custo de Operação
Externo	<ul style="list-style-type: none"> • Uso • Função • Manutenção • Descarte 	<ul style="list-style-type: none"> • Manejar estruturas de cultivo com peso entre 05,0 kg a 120,0 kg • Reduzir esforço do usuário • Manter a estabilidade da embarcação durante o processo de manejo • Reduzir o tempo de manejo • Utilizar 1 operador para o processo • Oferecer segurança durante o uso • Resistir a condições de uso extremas (uso inadequado) • Resistir a movimentos oscilatórios (Ondas até 0,5 m) • Resistir a impactos • Resistir a corrosão • Ser ajustável às embarcações existentes • Ocupar pouco espaço na embarcação • Possibilitar remoção do equipamento da embarcação • Ser utilizado em qualquer condição climática • Permitir regulagem para usuários diferentes • Permitir regulagem de profundidade de içamento • Aumentar a capacidade de carga da embarcação • Usar motor a combustão como fonte de potência • Ter baixo consumo de combustível • Usar força humana como fonte de potencia • Ter movimentos restritos e previstos

3.5 Definição dos Requisitos de Produto

Para cada uma dos requisitos dos clientes e usuários listados no quadro 3.4, a metodologia sugere que sejam encontradas expressões técnicas que possam indicar um caminho a ser seguido, para que as necessidades sejam atendidas. Esta atividade é justificada pelo fato de que as necessidades são, segundo Forcellini (2003), informações que tendem a expressar os desejos dos clientes, normalmente de uma forma qualitativa, e em alguns casos em termos subjetivos e vagos. E, infelizmente, informações nessas condições não permitem a comunicação precisa, necessária para o desenvolvimento adequado de um produto. Observando o modelo usado por Reis (2003), foi adotado o seguinte procedimento para obtê-los:

a) confrontar os requisitos dos clientes com a classificação de requisitos de produto proposto por Fonseca (2000);

b) verificar se os requisitos de projeto assim obtidos apresentam propriedades consideradas desejáveis.

A fim de cumprir adequadamente a essas funções, Roozenburg & Eekels (1995) afirmaram que as especificações devem possuir as seguintes propriedades:

1. **validade:** cada objetivo deve ser válido, isto pode ser observado se, através do entendimento do valor do atributo, os projetistas têm uma clara compreensão da medida em que a meta associada é atingida;

2. **completeza:** inclusão de objetivos válidos em todas as áreas de interesse do problema;

3. **operacionalidade:** dos objetivos, ou seja, possibilidade de geração de critérios e avaliações quantitativas;

4. **não redundância:** evitar que determinado aspecto ou propriedade seja considerado mais de uma vez;

5. **concisão:** reduzido número de objetivos na especificação, facilitando avaliações;

6. **praticabilidade:** objetivos passíveis de serem testados, pois mesmo em objetivos operacionais a predição de determinadas propriedades pode ser tão difícil que o teste é, praticamente, impossível.

O resultado desta compilação foi numa lista de 27 requisitos, apresentados dentro da classificação de Fonseca (2000). Os requisitos serão listados a seguir de forma hierarquizada, no Quadro 3.5.

Quadro 3.5 – Definição dos requisitos de produto.

Operação	Manejar estruturas de cultivo com peso entre 05,0 kg a 120,0 kg
	Reduzir esforço do usuário
	Manter a estabilidade da embarcação durante o processo de manejo
	Reduzir o tempo de manejo
	Utilizar 1 operador para o processo
	Oferecer segurança durante o uso
	Resistir a condições de uso extremas (uso inadequado)
	Resistir a movimentos oscilatórios (Ondas até 0,5 m)
	Resistir a impactos
	Resistir a corrosão
	Resistir a ataque de raios UV
	Ser ajustável às embarcações existentes
	Ocupar pouco espaço na embarcação
	Possibilitar remoção do equipamento da embarcação
	Ser utilizado em qualquer condição climática
	Permitir regulagem para usuários diferentes
	Permitir regulagem de profundidade de içamento
	Aumentar a capacidade de carga da embarcação
	Usar motor a combustão como fonte de potência
	Ter baixo consumo de combustível
Usar força humana como fonte de potencia	
Ter movimentos restritos e previstos	
Manutenção	Ter durabilidade de 10 anos
	Reduzir pontos de acúmulo de água
	Ter baixa manutenção
	Ter Fácil manutenção
	Ter baixo custo de Operação
Interface	Ter interface simples e adequada aos padrões culturais dos usuários
	Sinalizar e indicar suas funções
	Simbolizar equipamento industrial
	Ser de fácil uso
Fabricação Transporte	Ser transportado por duas pessoas no máximo (peso aproximado de 50Kg)
	Ser de fácil instalação
	Ter baixo custo de produção
	Usar peças normatizadas (catálogo)
	Ter fácil acesso aos mecanismos
	Usar ferramentas Padronizadas
	Permitir troca de componentes
	Ter valor compatível com a realidade econômica dos pequenos e médios produtores.
	Estar adequado às normas ambientais
	Estar adequado às normas da Marinha do Brasil

Para se obter uma comunicação precisa durante o desenvolvimento do projeto de um produto, torna-se fundamental que as informações que irão caracterizar o produto, estejam de acordo com a linguagem técnica de engenharia. Logo, é necessário quantificar o produto a ser desenvolvido descrevendo-o através de características técnicas mensuráveis por algum tipo de sensor.

3.6 Hierarquização dos Requisitos

A hierarquização dos requisitos de produto é necessária para que haja uma correta ordem de importância para os requisitos, orientando assim a equipe de projeto. Esta hierarquização é feita através da aplicação da ferramenta Desdobramento da Função Qualidade - **QFD**. A matriz QFD desenvolvida para esse projeto encontra-se no (Apêndice A). A partir dos dados desta matriz foi possível estabelecer as especificações de produto.

3.6.1 Utilização do QFD

O QFD vem se mostrando uma ferramenta bastante útil na quantificação de resultados obtidos através de observação ou de aquisição sistemática de dados em pesquisa. As saídas do QFD proporcionam uma maior precisão na hierarquização e certa impessoalidade e neutralidade na escolha dos critérios adotados para determinar os graus de importância de cada item.

Entretanto, a pouca experiência na utilização desta ferramenta na atividade de projeto proporciona alguns inconvenientes e contratempos que em alguns casos inviabilizam seu uso. Um dos motivos é a excessiva necessidade de formalização e racionalização da atividade de projeto, tornando-a quase algorítmica.

Esta praxe, pouco compatível com os valores culturais encontrados em nosso país cria uma certa incompatibilidade e uma rejeição inicial ao uso desta ferramenta, principalmente quando usada para co-relacionar uma quantidade muito grande de requisitos tanto dos clientes quanto de projeto. Este último problema se agrava em função da carência de ferramentas auxiliares, principalmente computacionais, que facilitem o processo de valoração de relacionamento entre requisitos.

Para exemplificar, no caso deste projeto especificamente, onde havia 41 requisitos de clientes e 27 requisitos de projeto, houve a necessidade de valorar 1107 itens, considerando os conhecimentos e experiências da equipe de projeto, o que além de desgastante para a equipe, demanda muito tempo.

Mesmo utilizando as ferramentas computacionais disponíveis como planilhas eletrônicas e um programa especialmente desenvolvido para este fim, a interface matricial esgota visualmente os operadores destas ferramentas em pouco tempo, proporcionando erros de leitura e valorações incorretas e imprecisas.

Observou-se que para melhor utilizar essa ferramenta, é preciso realizar um trabalho prévio de redução e otimização do número de requisitos visando facilitar a aplicação desta importante ferramenta e, já adiantando as conclusões do capítulo 7 deste trabalho, a recomendação do desenvolvimento de programas de computador mais eficientes e ergonomicamente adaptados à manipulação de um número tão grande de dados.

3.7 Estabelecimento das Especificações

Os requisitos de projeto obtidos e hierarquizados nas etapas anteriores representam os objetivos do projeto de forma qualitativa, não permitindo, por si só, a continuidade do trabalho, pois não há metas a serem atingidas e também não se sabe como essas metas serão avaliadas e nem mesmo quais são as restrições que devem ser observadas.

Portanto, a tarefa principal dessa etapa é aplicar o quadro de Especificações de Projeto aos requisitos, obtendo assim as especificações do produto (FORCELLINI, 2003).

As Especificações do Projeto (Quadro 3.6) são constituídas pelos requisitos de projeto hierarquizados com seus valores metas, formas de avaliação destes valores e aspectos indesejáveis (FONSECA, 2000).

Essas especificações são resultado da fase de Projeto Informacional e serve como informação básica e referencial para as fases seguintes. Este quadro de especificações apresenta uma descrição de cada item, juntamente com um valor meta a ser atingido, podendo este ser um número, uma porcentagem em relação a outro parâmetro, ou ainda uma estimativa desejada. Em seguida é mostrada a unidade da meta a ser atingida, e ainda é indicado um sensor que tem como função pré-fixar um modo de mensuração da meta. Finalmente, o quadro apresenta possíveis saídas indesejadas para a meta especificada.

Quadro 3.6 – Especificações meta.

Nº.	Descrição	Meta	Unid	Sensor	Saída indesejável	Observações
1	Estabilidade	Ângulo de adernamento inferior a 20	Grus	Inclinômetro / Pêndulo	Ângulo Limite inferior a 60° elevar o peso e reduzir a mobilidade da embarcação.	Atender a normas da Marinha
2	Área de trabalho	Área de trabalho de no mínimo 1,2	m ²	Fita Métrica	Interferir na estabilidade da embarcação reduzir a capacidade de carga	Atender as normas de segurança da Marinha.
3	Adaptabilidade em diferentes embarcações	Permitir encaixe em bocas entre 0,9 e 3,0	m	Fita métrica	Complexidade de encaixes e numero elevado de interfaces de encaixe e fixação.	Minimizar alterações na configuração original dos barcos

Continuação Quadro 3.6 - Especificações meta

Nº.	Descrição	Meta	Unid	Sensor	Saída indesejável	Observações
4	Força de acionamento	Inferior a 200	N	Dinamôm.	Necessitar de fonte de potência auxiliar	A forma como a força será aplicada terá grande influência
5	Número de ampliadores de força (Alavancas Roldanas)	3	Unid	Visual	Elevar custo de produção Aumentar complexidade Aumentar peso comprometer estabilidade	Utilizar mecanismos simples
6	Potência necessária para realizar o trabalho	Potência para deslocar uma carga de 300 kg	W	Cálculo	Necessidade de fonte de potencia auxiliar Aumento de custo aumento de peso redução de capacidade de carga Aumento de poluição ruído Aumento de operações de controle	Restringir o controle a um usuário
7	Numero de operações de controle	5	Unid	Visual	Grande número de operações Operações complexas Aumento de tempo de manejo Aumento de peso Aumento de custos	Restringir o controle a um usuário
8	Custo Operacional baixo	Reduzir em 20% os custos atuais de manejo.	R\$	%	Aumentar consumo de combustível	
9	Número de funções	O máximo possível no menor numero de formas.	Unid	Visual	Aumentar a complexidade de operação reduzir a flexibilidade de uso não reduzir custos de produção	
10	Resistência do acabamento	Resistir a riscos e corrosão por 10 anos	mm	Paquímetro	Ter estética prejudicada Iniciar pontos de corrosão Reduzir vida útil	Prever uso inadequado e colisões com estruturas rígidas
11	Quantidade de mecanismos	Menor número possível	Unid	Visual	Aumentar a complexidade de operação reduzir a flexibilidade de uso não reduzir custos de produção Aumento de peso redução de capacidade de carga	
12	Resistência mecânica	Resistir à cargas de até 300 kg	kg	Cálculos e simul.	Aumento de peso Aumento do volume do equipamento	
13	Capacidade de carga da embarcação	Manter a capacidade de carga ou reduzi-la no máximo em 50 kg.	kg	Análise do projeto.	Redução superior a 30% da capacidade de carga da embarcação	Atender as normas de segurança da Marinha.

Continuação Quadro 3.6 - Especificações meta

Nº.	Descrição	Meta	Unid	Sensor	Saída indesejável	Observações
14	Número de pontos de fixação no casco	O mínimo necessário.	Unid	Análise do projeto.	Redução de área útil Aumento de cantos vivos e faces cortantes.	
15	Custo de produção baixo	Preço de venda deve ser inferior a R\$ 3.000,00	R\$	Estimativas de custo	Custo proibitivo para os produtores	Considerar a realidade sócia econômica dos produtores.
16	Resistência à corrosão	Proteger todos os componentes e mecanismos da ação do processo de corrosão.	Tempo (seg.)	Propriedade do material.	Aumento de custo Aumento de peso Redução da resistência do acabamento Redução de Número de ajustes	
17	Número de ajustes de fixação	Número mínimo necessário para manter o equipamento fixo e em segurança.	Unid	Análise do projeto.	Redução de área útil Aumento de cantos vivos e faces cortantes pontos de corrosão utilização de componentes extras de interface	
18	Resistência a Raios UV solares	Resistir a 10 Anos de exposição solar sem perder as propriedades.	W/m ²	Propriedade do material.	Aumento de custo de produção desgaste prematuro de peças e componentes	Atender normas ambientais
19	Peso limitado	Peso final máximo em torno de 50,0 kg	kg	Pesagem ou estimativa do peso	Comprometer a estabilidade da embarcação Diminuir a resistência mecânica dos mecanismos Reduzir a durabilidade	
20	Número de pontos de lubrificação	Número mínimo necessário para facilitar o processo de manejo e manutenção	Unidades	Análise do projeto.	Aumentar custos Reduzir vida útil aumentar custos de manutenção Reduzir eficiência do equipamento ao longo do tempo de uso	
21	Emissão de poluentes mínima.	Utilizar fontes de potência que não emitam poluentes.	mg/m ³ /Unid	Sensor Lâmbda.	Utilizar fontes de potência com combustíveis de queima incompleta (motores 2 tempos) Saída indesejável	Viabilizar a utilização da força humana como única fonte de potência.

Continuação Quadro 3.6 - Especificações meta

Nº.	Descrição	Meta	Unid	Sensor	Saída indesejável	Observações
22	Num. De pontos de acúmulo de água.	Eliminação de pontos de acúmulo de água.	Visual	Visual avaliação	Aumento de pontos de corrosão diminuição da vida útil do equipamento Aumento de peso Utilizar fontes de potência com combustíveis de queima incompleta (motores 2 tempos)	Viabilizar a utilização da força humana como única fonte de potência
23	Volume ocupado pelo equipamento em uso.	Ocupar o mínimo volume na área interna da embarcação.	m3	Análise do projeto.	Ocupar volume destinado ao transporte das estruturas retiradas do cultivo Ter volume superior ao volume ocupado por uma pessoa na embarcação.	
24	Densidade	Usar materiais de baixa densidade para reduzir o peso.	Kg/m3	Propriedade do material	Perda de resistência Mecânica Aumento do volume ocupado pelo equipamento Redução da durabilidade Baixa resistência a ataque de raios UV	
25	Volume ocupado pelo equipamento inativo.	Ocupar o mínimo volume na área interna da embarcação. Não ocupar volume de carga útil.	m3	Análise do projeto.	Ocupar volume destinado ao transporte das estruturas retiradas do cultivo Ter volume superior ao volume ocupado por uma pessoa na embarcação Aumentar a complexidade de operação.	Utilizar mecanismos simples Utilizar materiais compósitos
26	Numero de materiais diferentes	Reduzir o número de materiais.	Unidades	Análise do projeto.	Aumento de custos Perda de eficiência Redução da resistência mecânica Aumento de corrosão galvânica entre as peças.	Usar materiais Não ferrosos, polímeros e compósitos.
27	Nível de ruído baixo.	Ruído inferior a 85 dB (limite de exposição para atividade com mais de 8h de duração).	dB	Decibelímetro	Ruído superior ao limite imposto Perda de eficiência do equipamento Insalubridade da atividade Aumento de custos operacionais.	Atender as normas ambientais e do ministério do trabalho.

3.8 Análise do Projeto informacional

Apesar deste projeto não estar ligado a um processo industrial e ou comercial onde as experiências adquiridas em cada etapa devem ser registradas para otimizar e facilitar o processo para futuros empreendimentos, as lições aprendidas durante o desenvolvimento destas atividades proporcionam uma reflexão a respeito das atividades realizadas.

A fase de projeto informacional proporcionou a coleta de dados e informações relativas ao processo produtivo, as práticas comuns utilizadas no manejo, além de identificar de maneira clara as necessidades dos clientes envolvidos. Em função das visitas de campo, pôde-se observar *in loco* a realidade e as dificuldades enfrentadas.

Para melhor orientar a equipe no próximo passo, que é o projeto conceitual, além das especificações do projeto, uma breve revisão dos itens relevantes para a focalização e objetividade do projeto, foram descritos a seguir.

Conforme dito no decorrer deste capítulo, um dos problemas de maior gravidade enfrentados pela equipe de projeto no projeto informacional foi exatamente o item que nomeia o mesmo, a obtenção de informações precisas e validas do ponto de vista metodológico e formal. A ausência de dados a respeito dos fatores tecnológicos e comportamentais da atividade demandaram um tempo demasiado para efetuar a coleta de informações a respeito das necessidades, assim como, da definição das necessidades pelos produtores.

A equipe se deparou com conflitos de informações, uma vez que em função da heterogeneidade do nível de produção e instrução dos produtores as necessidades levantadas em contatos diretos resultava em definições a partir de interesses diferenciados.

Para não fugir do escopo do projeto, foi preciso delimitar que faixa de produtores deveriam ser contemplados nesse projeto. O desejo inicial de contemplar a maioria dos pequenos produtores se mostrou inviável e ineficiente uma vez que a maioria dos pequenos produtores não incorpora a atividade como meio principal de trabalho, não dedicando assim esforço e comprometimento necessários para o desenvolvimento e o crescimento da atividade.

Ficou evidente no decorrer da pesquisa da realidade da atividade que o equipamento resultante deste projeto terá o papel de proporcionar uma intervenção na escala de produção dos locais de manejo, proporcionando uma migração da escala artesanal para uma escala industrial, como demonstrado na figura 3.3. Esta definição é importante, uma vez que a delimitação da atuação do projeto se faz necessária em função dos clientes do projeto.



Figura 3.3 – Delimitação da interferência do projeto do equipamento na evolução da escala de produção da maricultura.

O processo de sistematização das atividades proporcionou um ganho considerável de tempo, melhorando a qualidade das informações manipuladas e abrangendo um domínio maior que o conhecimento técnico necessário para a resolução pontual de um problema mecânico.

Os conhecimentos obtidos através da pesquisa proporcionaram uma compreensão geral dos problemas da atividade e o contato direto, na fase de coleta de dados, com os produtores fez com que os membros desta participassem do processo de manejo, sentindo literalmente na pele as dificuldades encontradas.

A conversão dessas observações, relatos e registros em especificações tornaram-se mais eficiente e precisa principalmente na fase de obtenção dos requisitos de projeto onde as variáveis puderam ser mais bem delimitadas para atender as necessidades de acordo com a realidade sócio-econômica e cultural dos produtores.

A lista de especificações do projeto, hierarquizada e detalhada com valores metas, unidades, observações e saídas indesejadas, auxiliará a geração de alternativas, proporcionando à equipe de projeto uma constante fonte de referência durante o desenvolvimento das atividades de conceituação, assim como de análise e comparação das alternativas com o que foi especificado.

CAPÍTULO 4

4 PROJETO CONCEITUAL

4.1 Introdução ao Projeto Conceitual

O projeto conceitual é tido como a fase mais importante no processo de projeto de um produto, pois as decisões tomadas nessa fase influenciam sobremaneira os resultados das fases subsequentes segundo Forcellini et al, (2005). Esta fase caracteriza-se pelas atividades da equipe de projeto referentes à busca, criação, representação e seleção de soluções para o problema do projeto.

O modelo do PDP para esta fase, mostrado na figura 4.1, aponta a seqüência de ações realizadas nesta fase. O resultado obtido ao final dessa fase é a concepção do produto, que, segundo Pahl & Beitz (1996), satisfaz a função global e sustenta a promessa de realização da tarefa.

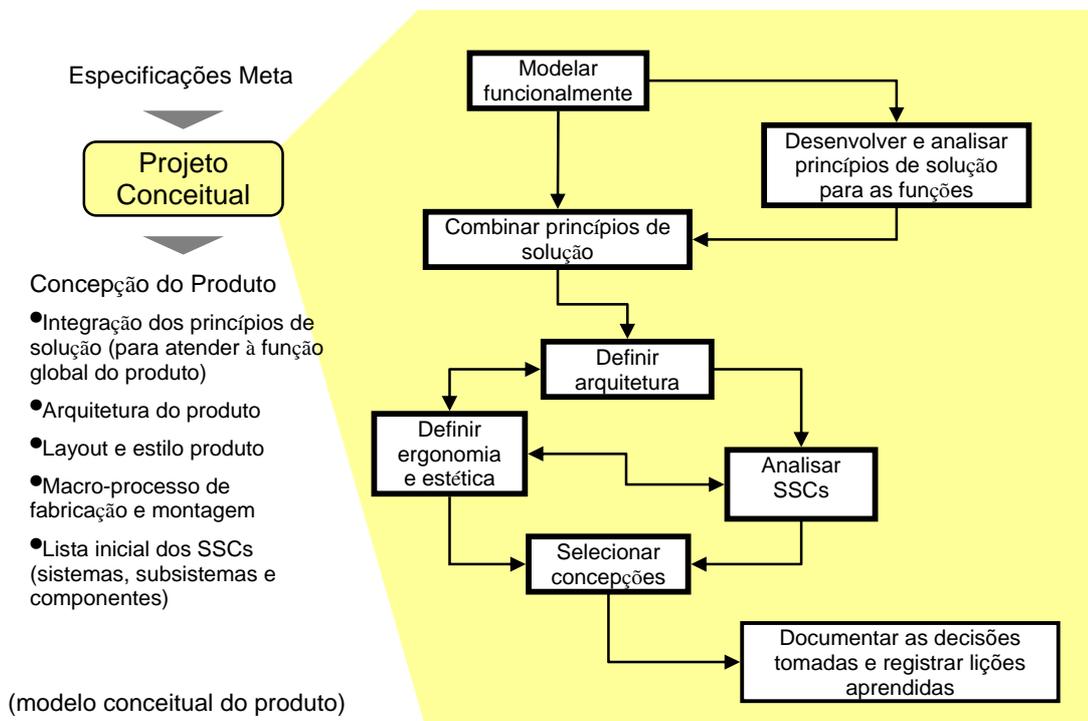


Figura 4.1 – Modelo de seqüência das fases do Projeto conceitual. Fonte: Forcellini et al, (2005)

Para Ferreira (1997), o projeto conceitual é a fase do processo de projeto que gera, a partir de uma necessidade detectada e esclarecida, uma concepção para um produto que atenda da melhor maneira possível esta necessidade, sujeita às limitações de recursos e às restrições de projeto.

Em linhas gerais pode-se dizer que no processo de projeto conceitual encontra-se tanto análise (ponto de partida no campo do abstrato, análise funcional, decomposição) quanto a síntese (composição, síntese das soluções, resultado mais próximo do campo concreto).

Neste capítulo será realizada a integração do projeto conceitual com o projeto preliminar, abreviando a fase que alguns autores denominam projeto preliminar.

Para isso, existe uma série de ferramentas e técnicas que orientam a transição de um conjunto de informações muitas vezes subjetivas e abstratas em princípios de solução dos problemas utilizando a capacidade criativa humana.

Esta etapa tem por objetivo fazer um estudo compreensivo do problema num plano abstrato, de forma a abrir caminho para soluções melhores. Nesse sentido, a abstração, que significa, segundo Pahl & Beitz (1996), *ignorar o que é particular ou casual e enfatizar o que é geral e essencial*, tem um papel preponderante, pois previne que a experiência do projetista ou da empresa, preconceitos e convenções interponham-se entre as especificações do projeto e a melhor solução para o problema. Segundo os autores, essa generalização conduz ao cerne da tarefa, fazendo com que a formulação da função global e o entendimento das restrições essenciais tornem-se claras sem a consideração prévia de uma solução.

Uma reformulação do problema é feita, de forma mais ampla possível, em etapas sucessivas. Ou seja, aspectos óbvios do problema não são aceitos à primeira vista, mas discutidos sistematicamente. O resultado, como dito anteriormente é a concepção de um produto que satisfaça as metas pretendidas no capítulo anterior e o registro das lições aprendidas.

4.2 Modelagem funcional

Nessa etapa, a formulação do problema é feita de forma ainda abstrata, através das funções que o produto deve realizar, independente de qualquer solução particular. A determinação da função global do produto é desdobrada em sub-funções, proporcionando o entendimento global e parcial destas funções, possibilitando o desenvolvimento de princípios de solução, usando ferramentas de criatividade que orientam este processo (FORCELLINI et al, 2005).

O ponto de partida é a abstração feita na etapa anterior, que permite o estabelecimento criterioso da função global do sistema, e o resultado, ao final da etapa,

é a estrutura de funções elementares, ou estrutura de operações básicas, caso se trabalhe com funções de baixa complexidade ou padronizadas.

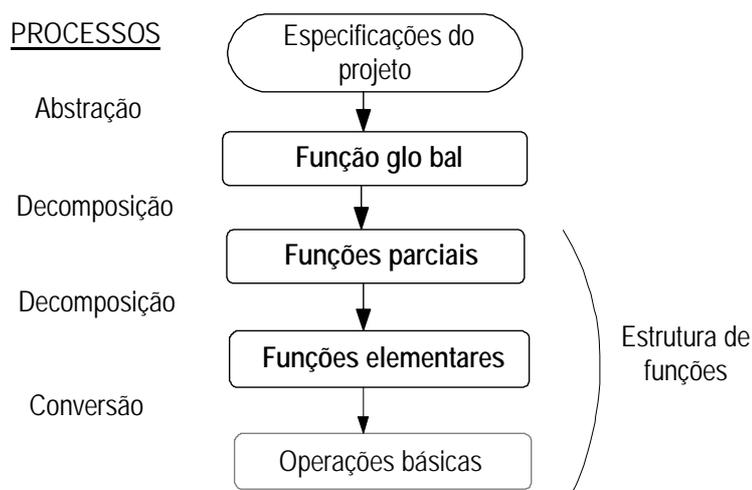


Figura 4.2 - Tarefas e processos envolvidos na análise funcional (fonte: Ferreira, 1997).

A definição formal dos principais termos técnicos empregados nessa etapa do projeto conceitual é feita no QUADRO 4.1.

Quadro 4.1 - Principais conceitos na etapa de análise funcional.

TERMO	SIGNIFICADO
Função	Relação entre as entradas e as saídas (em termos de material, energia e sinal) de um sistema que tem o propósito de desempenhar uma tarefa.
Função global	Expressa a relação entre as entradas e as saídas de todas as quantidades envolvidas assim como as suas propriedades. É a função última do sistema técnico.
Função parcial	Divisão da função global. Apresenta menor grau de complexidade.
Função auxiliar	Contribui para a função global de uma forma indireta. Tem caráter complementar ou de apoio.
Função elementar	Último nível de desdobramento da função global, não admitindo subdivisão. Deve existir pelo menos um princípio de solução no campo físico capaz de atender a essa função.
Estrutura funcional	Combinação de funções parciais representativas da função global do sistema.

Desse modo, este método, segundo Forcellini et al, (2005), é apropriado para o desenvolvimento da concepção de sistemas técnicos destinados a executar um processo de transformação ou seqüência de operações. A função desses sistemas permite desdobramentos em seqüência e em nível de complexidade de funções para a adequada transformação das entradas nas saídas.

4.2.1 Estabelecer a função Global

Segundo Reis (2003) Uma vez que tenha sido formulado o problema, é possível indicar uma função global que, baseada no fluxo de material, energia e sinal, possa, com o emprego de um diagrama de bloco, expressar as relações entre as entradas e as saídas do sistema independentemente de uma solução (Pahl & Beitz, 1996). Portanto, o estabelecimento da função global tem como base o resultado da análise do problema feito na etapa anterior do processo de projeto.

As entradas e as saídas de todas as quantidades envolvidas, que não tiverem sido suficientemente esclarecidas, devem ser estudadas em maior profundidade e definidas, para que, por fim, seja possível especificar a função global do sistema. Para definir a função global de um sistema para qual se busca uma solução é preciso que esta função seja muito bem definida a partir das especificações de projeto obtidas no capítulo 3, estabelecendo uma declaração condensada da função global do sistema e as interfaces com os outros sistemas técnicos, usuário e o meio ambiente como mostrado na figura 4.3.

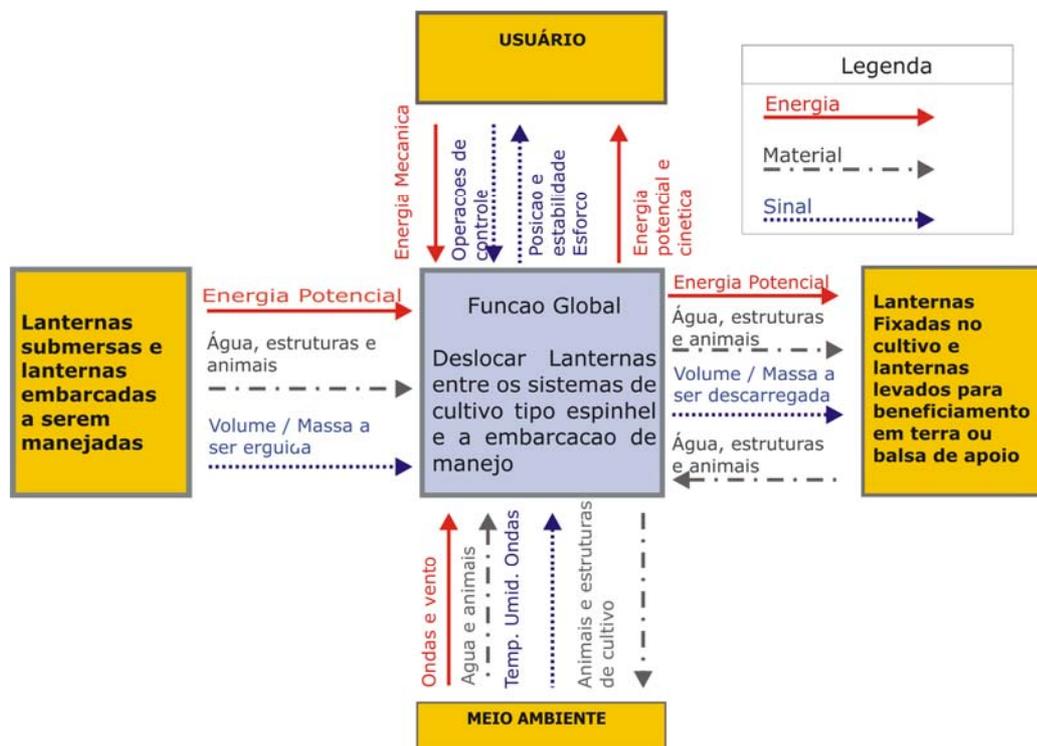


Figura 4.3 - Função Global do Sistema

4.2.2 Estabelecer estruturas funcionais.

A subdivisão da função global visa facilitar a busca por princípios de solução. Neste trabalho, a decomposição da estrutura funcional pode ser feita através da análise de sistemas técnicos existentes. Outro aspecto que pode orientar o estabelecimento da

estrutura funcional são as necessidades dos clientes nas quais o verbo formador da declaração não for *ser*, *estar* ou *ter*. Para esses casos, Fonseca (2000) recomenda verificar se tal necessidade não é, na verdade, uma função que deve ser implementada pelo produto.

Após a proposição da função global, demonstrada na figura 4.3, fez-se necessário um refinamento e um encadeamento dessas funções segundo a seqüência de procedimentos adotados e praticados pelos maricultores. A figura 4.4 mostra então o agrupamento das funções parciais como a função global do equipamento, considerando somente a hipótese deste estar embarcado em alguma das embarcações listadas no capítulo 2 deste trabalho.

Vale lembrar, conforme apontam Roozenburg & Eekels (1995), que o desenvolvimento de estruturas funcionais não é um fim, mas um meio que deve permitir a descoberta de soluções úteis para o problema. Portanto, há que se ter cuidado com o nível de detalhamento necessário, para que não haja perda de tempo.

Considerando que o equipamento deveria se adequar às embarcações existentes e ao processo de manejo atualmente proposto, não é possível traçar uma seqüência de funções diferente das atualmente empregadas no manejo.

A análise de sistemas de transporte similares, o estudo e acompanhamento do manejo executado pelos produtores e a pesquisa de princípios de solução encontrados em outras atividades descritos no capítulo 1 e 2 deste trabalho, possibilitou o detalhamento das funções parciais, auxiliares e elementares.

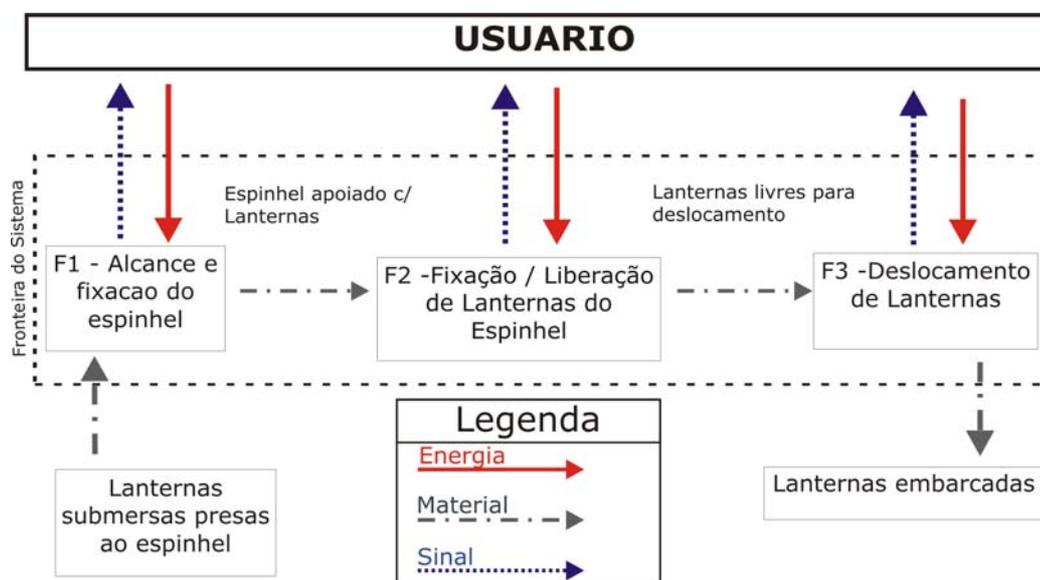


Figura 4.4 - Refinamento da função global.

A especificação do projeto, segundo Forcellini et al, (2005), continua a ser o critério principal, no entanto, faz-se necessário *imaginar* princípios de solução para poder confrontar as estruturas alternativas. A observação da seqüência de funções realizadas para efetuar o manejo embarcado e conseqüentemente as funções decompostas.

É importante ressaltar que a estrutura funcional baseou-se na análise dos procedimentos adotados, uma vez que o sistema de cultivo, as lanternas e as embarcações usadas não se alteraram e não fazem parte do escopo do projeto.

Assim como foi estabelecida a função global, as demais funções parciais foram determinadas em conjunto com a equipe de projeto, incluindo os especialistas em maricultura que determinaram a seqüência usada e a seqüência que pode vir a ser usada nos cultivos.

Desta forma, apresentam-se a seguir os desdobramentos das funções parciais e a determinação de funções elementares. As funções parciais foram separadas em FP1 - Alcance e fixação do espinhel; FP2 - Fixação / Liberação de Lanternas do Espinhel; FP3 - Deslocamento de Lanternas.

A partir destas funções foram encontradas as funções elementares com suas respectivas entradas e saídas no Quadro 4.2.

Quadro 4.2 - Descrição das funções parciais e elementares com suas definições das entradas e das saídas do diagrama de blocos da estrutura funcional.

Função Parcial	Função Elementar	Descrição	Entradas	Saídas
F 1 - Alcance e fixação de espinhel	FE 1.1	Alcançar Espinhel	Espinhel solto	Espinhel conectado a sistema de deslocamento
	FE 1.2	Içar Espinhel C/ ou S/ lanternas	Espinhel submerso	Espinhel em posição de manejo
	FE 1.3	Fixar / trilhar Espinhel na embarcação	Espinhel içado	Espinhel apoiado
	FE 1.4	Soltar Espinhel do sistema de fixação / Trilhamento	Espinhel conectado a sistema de fixação/ trilhamento	Espinhel solto
FP 2 - Fixação / Liberação de Lanternas do Espinhel	FE 2.1	Alcançar lanternas	Lanterna na água	Lanterna em posição que facilite o deslocamento
	FE 2.2	Fixar lanternas no equipamento de deslocamento	Lanternas soltas no convés	Lanterna fixada no equipamento
	FE 2.3	Posicionar operador do equipamento nos controles de operação	Operador executando outras funções	Operador no controle do sistema
	FE 2.4	Soltar lanterna do Espinhel	Lanterna presa no Espinhel	Lanterna solta
	FE 2.5	Soltar bóia do Espinhel	Bóia presa ao Espinhel	Bóia solta
	FE 2.6	Fixar bóia no Espinhel / Embarcar junto com lanterna	Bóia solta	Bóia fixa

Continuação Quadro 4.2 - Descrição das funções parciais e elementares com suas definições das entradas e das saídas do diagrama de blocos da estrutura funcional.

Função Parcial	Função Elementar	Descrição	Entradas	Saídas
FP3 - Deslocamento vertical e horiz. das Lanternas	FE 3.1	Acionar sistema de deslocamento vertical das lanternas	Sistema parado	Sistema acionado
	FE 3.2	Efetuar controle do sistema de deslocamento vertical	Lanterna e aplicação de força	Velocidade de ascensão controlada
	FE 3.3	Acionar sistema de deslocamento horizontal	Aplicação de força horizontal	Controle do deslocamento horizontal
	FE 3.4	Posicionar lanterna no ponto de fixação no Espinhel	Espinhel apoiado e embarcação deslocada para o ponto de fixação	Lanterna posicionada
	FE 3.5	Interromper e manter estável a lanterna	Sistema acionado	Sistema parado
	FE 3.6	Fixar a lanterna no Espinhel	Lanterna solta	Lanterna fixa
	FE 3.7	Fixar bóia junto à lanterna	Bóia Solta	Bóia fixa
	FE 3.8	Soltar lanterna do equipamento	Lanterna fixa no equipamento	Lanterna solta
	FE 3.9	Deslocar equipamento para posição da lanterna	Aplicar força para deslocar a embarcação para a próxima lanterna	Posicionar equipamento para manejo

A demonstração gráfica da seqüência de cada função parcial e os fluxos de material, energia e sinal, facilitam a visualização do posicionamento das funções elementares na seqüência de operação do equipamento. O desdobramento da Função Parcial 1 está demonstrado na figura 4.5. A da Função parcial 2 na figura 4.6 e a função parcial 3 na figura 4.7.

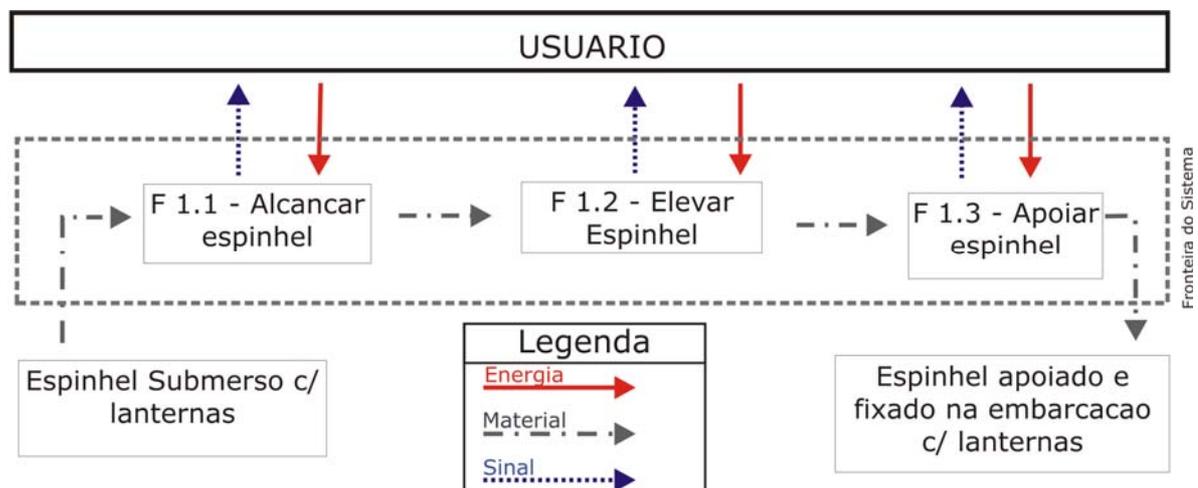


Figura 4.5 - Desdobramento da Função Parcial 1 - F 1.

Nesse caso específico, após as pesquisas de campo e a experimentação por parte da equipe de projeto das tarefas de manejo, ficou clara a necessidade de expansão das funções previamente detectadas como essenciais mas que devem ser apresentadas como funções complementares.

Para exemplificar, pode-se citar o exemplo da função auxiliar denominada "Possibilitar instalação do equipamento em diferentes tipos de embarcações". Em função da variedade de embarcações existentes e das mais diversas configurações de casco, o equipamento deveria ter a função de se adequar às diferentes dimensões presentes nas embarcações analisadas.

Quadro 4.3 - Descrição das funções Auxiliares do diagrama de blocos da estrutura funcional.

FA 1	Aumento de estabilidade
FA 2	Ampliação de área de trabalho
FA 3	Possibilitar instalação do equipamento em diferentes tipos de embarcações

4.3 Pesquisar por princípios de solução

Esta é uma das etapas mais importantes desta fase do projeto. Os princípios de solução aqui encontrados serão atribuídos às funções parciais, elementares e auxiliares da estrutura funcional e darão forma ao produto. Por isso é fundamental a realização de uma pesquisa exaustiva por meio de diversos métodos de criatividade (Quadro 4.4).

É importante que a equipe de projeto não se restrinja apenas a soluções já conhecidas pelos projetistas, buscando alternativas em diferentes áreas. Encontrados os princípios de solução, eles serão estruturados e sistematizados aplicando-se o método da matriz morfológica.

Quadro 4.4 - Métodos de criatividade aplicados ao problema.

TIPO	MÉTODOS	DESCRIÇÃO	RESULTADOS
Convencionais	Pesquisa bibliográfica	Buscar por patentes, artigos, livros, catálogos de projeto, páginas na Internet.	<p>Não foram encontradas patentes nacionais com as especificações de projeto. Os produtos similares encontrados em outros países não podem ser usados como referência pois nosso sistema de cultivo possui grandes diferenças.</p> <p>Alguns princípios de solução serviram de referência para o desenvolvimento dos conceitos desenvolvidos no projeto.</p>

Continuação Quadro 4.4 - Métodos de criatividade aplicados ao problema.

Tipo	Métodos	Descrição	Resultados
Convencionais	Análise de sistemas técnicos existentes	Pesquisar por produtos similares, que atendessem às funções elementares.	Foram encontrados diversos produtos, em diferentes países, que realizam tarefas similares de manejo, além de muitos outros princípios de elevação de carga, estabilização de embarcações, transporte de carga embarcada e os demais sistemas envolvidos, possibilitando a geração de idéias para princípios de solução.
Intuitivos	Analogia pessoal ou empatia	Realizar as tarefas junto com os produtores. Utilizar repertório pessoal como referência para princípios de solução	Entendimento amplo do processo de manejo, observando necessidades não explicitadas ou problemas não listados flexibilizando o processo criativo.
Discursivos	Método da matriz morfológica	Estruturar e sistematizar a apresentação dos princípios de solução encontrados	A matriz morfológica proporciona a visualização dos conceitos e princípios de solução encontrados facilitando o processo de associação e combinação de princípios.

Os métodos criativos servem como orientação para o processo criativo que por si só demanda um conjunto de informações mais amplo que o espectro delimitado dentro do projeto. O repertório e a experiência dos indivíduos envolvidos no processo do projeto ou seja, os membros da equipe de projeto, devem ser considerados e avaliados dentro de seus conhecimentos específicos.

Sendo este projeto composto de um número grande e heterogêneo de membros e clientes como descrito no item (3.3.1) a coleta de dados e informações pertinentes a princípios de solução, do especialista em estruturas ao soldador do protótipo, foram fundamentais para a configuração final do equipamento.

As três classificações de métodos de criatividade descritas foram utilizadas, porém, em função da falta de familiaridade da equipe de projeto e dos clientes associados ao processo, além da informalidade inerente ao processo e ao modo de operação do fluxo de informações culturalmente praticado em nosso país, os métodos mais discursivos apresentaram-se menos enriquecedores.

Especificamente citando a matriz morfológica, esta se demonstrou por demais morosa e demandou dedicação para sua montagem e configuração, trazendo resultados muitas vezes triviais que poderiam ser mais facilmente obtidos através de métodos menos formais ou intuitivos já que a equipe conseguiu desenvolver alternativas viáveis com os métodos intuitivos e convencionais.

Os melhores resultados foram obtidos através da mescla de métodos convencionais e intuitivos através da observação e consideração de princípios de solução catalogados e registrados no capítulo 2 deste trabalho e exemplificados nas figuras 4.8 a 4.13 aliados a novas e possíveis configurações geométricas e de materiais que permitiram o desenvolvimento de configurações mais amplas e diversas dos princípios.

Os exemplos mostrados a seguir exemplificam a busca de soluções nas mais variadas atividades humanas, observando os princípios de solução encontrados em diversas áreas visando solucionar problemas peculiares de cada situação.

A apropriação ou associação destes princípios visa aproveitar o sucesso obtido com estas configurações, apresentando uma maior eficácia na utilização destes métodos dentro do problema do projeto. Vale ressaltar que estes exemplos serviram como base para orientação para os subsistemas e componentes (SSC's), serão citados a seguir.



Figura 4.8 – Guincho elétrico para içamento de material de construção em telhados de edifício.

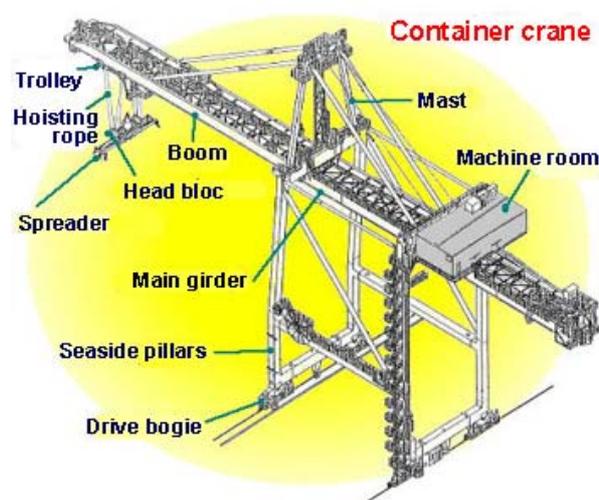


Figura 4.9 – modelo de guindaste para container.



Figura 4.10 – Perfil "I" como trilho para trole..



Figura 4.11 – Embarcação neozelandesa com sistemas de rodas para guiar cabo do espinhel apoiados em um bordo da embarcação

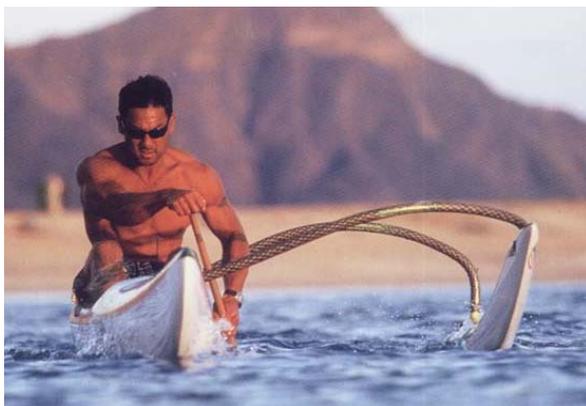


Figura 4.12 – Canoa polinésia proporciona estabilidade da embarcação como contra-peso de um lado e flutuação de outro.



Figura 4.13 – Cabo aéreo sustentado por arco para transporte de pencas de banana.

4.4 Combinar princípios de solução

Para combinar os princípios de solução encontrados e listados pela equipe de projeto é usada a matriz morfológica apresentada no Quadro 4.5. Nela foram atribuídos princípios de solução a cada uma das funções elementares da estrutura funcional do produto, de forma a atender a função global, esses princípios devem ser agora combinados, elaborando-se modelos de princípio de solução do produto.

A combinação de todos os princípios de solução levaria a elaboração de um número muito grande de modelos já que o número de princípios possíveis e o número de funções é grande, o que tornaria exaustiva esta etapa do trabalho e não necessariamente se obteria a melhor concepção.

Além disso, nem todas as combinações seriam realizáveis ou viáveis técnica e economicamente (MENEGATTI, 2004). Observou-se que há alguns critérios determinantes do número de combinações gerados Pahl e Beitz (1996), Ferreira (1997), Reis (2003), Scalice (2003), Menegatti (2004) e Santana (2005).

Estes critérios são:

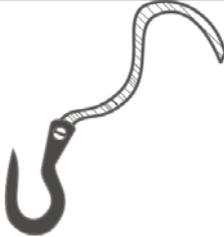
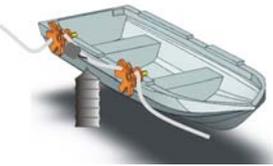
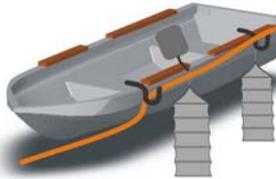
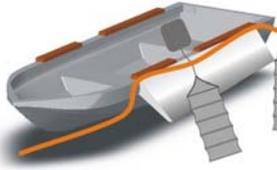
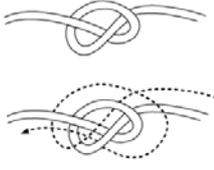
- (a) somente combinar sub-funções com princípios de solução compatíveis;
- (b) somente procurar por soluções que atendam a especificação de projeto e às restrições de orçamento;
- (c) concentrar em combinações promissoras estabelecendo as razões de tal preferência;
- (d) basear-se na estrutura de funções e
- (e) usar o bom senso.

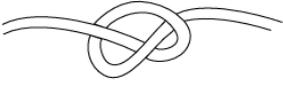
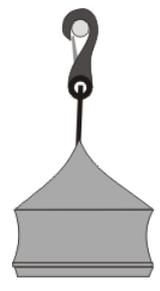
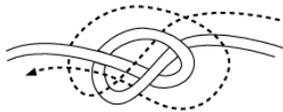
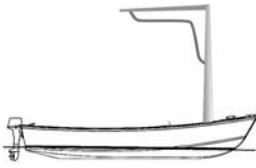
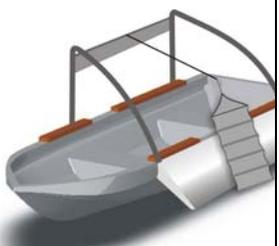
É importante ressaltar que além dos princípios de solução demonstrados na matriz morfológica, os critérios restritivos e de orientação que foram resultado do projeto informacional guiarão as combinações. De acordo com o avanço das fases do projeto,

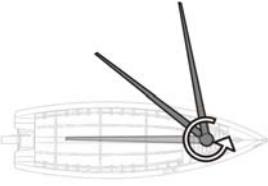
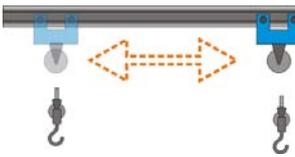
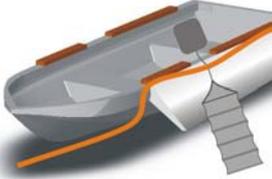
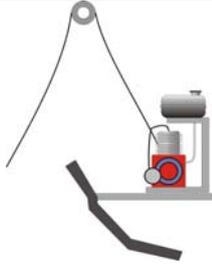
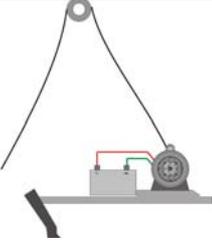
foram verificadas e identificadas alterações das especificações de projeto, não somente em sua essência mas também em seu nível de importância.

A combinação pura e simples dos princípios de solução listados não determina a configuração adequada ou possíveis soluções integradas. Para alcançar combinações que atendam de maneira mais ampla os requisitos de projeto, é preciso que o time de especialistas ou clientes do projeto esteja integrada de maneira a proporcionar soluções que maximizem o número de funções atendidas no mínimo de formas ou interfaces, para isso é necessária à determinação adequada da arquitetura do produto.

Quadro 4.5 – Matriz Morfológica

FE 1.1	Alcançar Espinhel			
FE 2.1	Alcançar lanternas	Usar as mãos	Cabo com Gancho	Haste com gancho
FE 1.3	Fixar / trilhar Espinhel na embarcação			
FE 1.4	Soltar Espinhel do sistema de fixação / Trilhamento			
FE 3.9	Deslocar equipamento para posição da lanterna	Roda estrela	Gancho no bordo	Plano lateral
FE 2.2	Fixar lanternas no equipamento de deslocamento			
FE 3.8	Soltar lanterna do equipamento	Usar gancho	Usar nó	Gancho com moitão

FE 2.4	Soltar lanterna do Espinhel			
FE 2.5	Soltar bóia do Espinhel			
FE 2.6	Fixar bóia no Espinhel / Embarcar junto com lanterna			
FE 3.6	Fixar a lanterna no Espinhel			
FE 3.7	Fixar bóia junto à lanterna	Usar nó	Engate rápido lanterna / espinhel	Engate rápido espinhel/lanterna/bóia
FE 1.2	Içar Espinhel			
FE 3.1	Deslocamento vertical das lanternas	Mastro c/ lança	Estrutura gaiola	Plano inclinado com guincho
FE 3.2	Efetuar controle do sistema de deslocamento vertical			
FE 3.5	Interromper e estabilizar a lanterna	Bandeja basculante	Alavanca	Arco pórtico entre flutuador e embarcação

FE 3.3	Acionar sistema de deslocamento horizontal			
		Rotacionar mastro	Correr trilho	Deslizar plano
FE 3.1	Aplicar força			
		Força humana puxando cabo	Usar motor a combustão	Usar Motor hidráulico
				
		Força humana cabo com catraca e manivela	Força humana alavanca	Usar motor elétrico

As combinações geradas, bem como a arquitetura necessária para definir o arranjo dos subsistemas e componentes serão descritas abaixo.

4.5 Definir Arquitetura

Nesta etapa o produto deve ser visto como uma composição de diferentes partes, as quais estão relacionadas com os princípios de solução individuais adotados nos princípios de solução total e suas respectivas funções (FORCELLINI et al, 2005).

O termo arquitetura representa o esquema onde os elementos funcionais são arranjados em partes físicas e como essas partes interagem através de interfaces.

A definição da arquitetura então, tende a definir a configuração geral do sistema, deixando o detalhamento dos sub-sistemas e componentes (SSC's) para uma etapa posterior. Deste modo buscou-se atender as especificações citadas acima unindo as soluções e combinações definidas através dos métodos criativos e comparando-os com os sistemas similares encontrados no estado da arte (capítulo 2).

Em função das restrições citadas no capítulo 3, o sistema foi composto de subsistemas, que permitem a adaptação de cada um em embarcações diferentes. Apesar da denominação de subsistemas modulares, a arquitetura deste projeto se enquadrou na definição de arquitetura integral, segundo Forcellini et al., 2005 que diz que um produto de arquitetura integral tem como característica funções distribuídas em vários conjuntos de componentes, sendo as interações entre os componentes, combinados para otimização de certos parâmetros.

Por se tratar de um projeto voltado para um protótipo, que objetiva determinar uma configuração básica que permita sua adaptação para diferentes tipos de embarcações, a arquitetura e SSC's devem prever modificações para adequações nos cascos descritos no capítulo 2.

As soluções demonstradas nas figuras entre 4.16 e 4.26 mostram algumas configurações geradas como alternativas de solução. Conforme descrito anteriormente, as partes isoladas do sistema total compõem subsistemas que apesar de independentes, necessitam de especificações para otimização e melhoria no conceito.

Algumas alternativas a seguir apropriam-se do conceito de distribuição da carga da embarcação entre o casco principal e um flutuador auxiliar, inspirado no conceito das embarcações do tipo catamarã e canoas polinésias figura 4.14. Esta configuração permite não somente melhorar a estabilidade como também aumentar a área de trabalho e dependendo da forma do flutuador, não há interferência no deslocamento da embarcação.

A concepção 1 figuras 4.14 a 4.16 apresenta uma configuração de mastro central com uma lança partindo do topo deste mastro com o objetivo de alcançar as lanternas de cultivo, deslocando-as verticalmente, considerando que o espinhel está devidamente apoiado em uma estrutura capas de fixá-lo junto à embarcação.

Um dos pontos positivos desse sistema é a liberação da área útil do convés para as operações de manejo além de ser uma estrutura mais simples de ser confeccionada. Observou-se empiricamente um sistema similar mais bem descrito no item 2.6.3 deste trabalho.

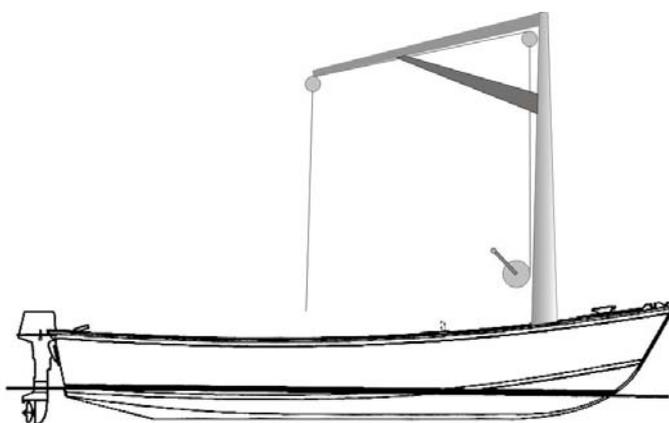


Figura 4.14 –Concepção 1 - Esquema de mastro centralizado na parte frontal (proa)

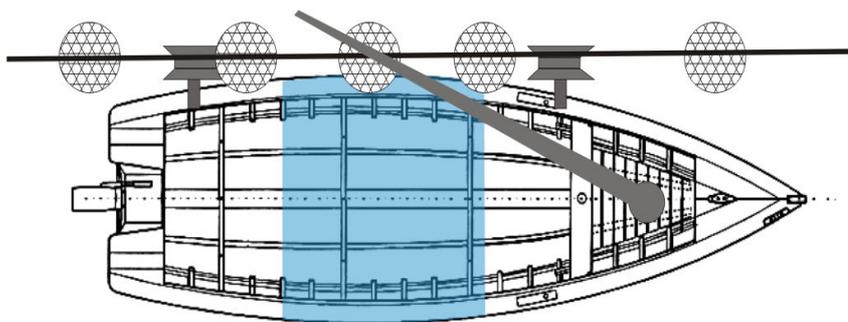


Figura 4.15 – Conceção 1 - Vista superior do esquema de mastro centralizado na parte frontal (proa)

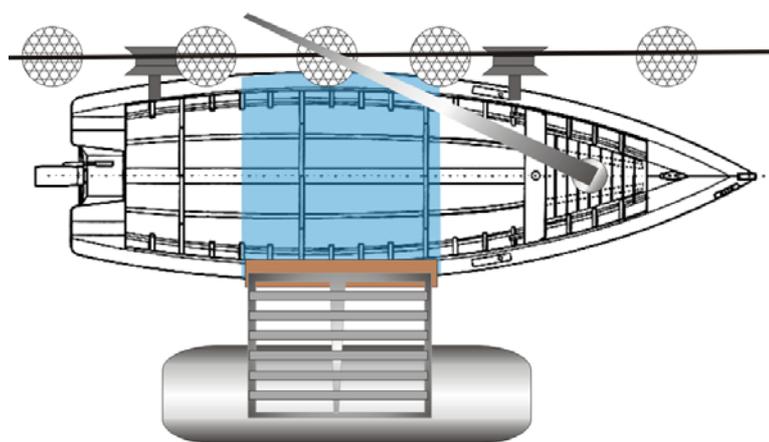


Figura 4.16 – Conceção 1 - Vista superior do esquema de mastro centralizado na parte frontal (proa) e plataforma de estabilização também servindo de contrapeso.

Na concepção 2 figuras 4.17 a 4.19 vemos uma configuração diferente onde a estrutura usada para içamento está instalada na área de maior estabilidade da embarcação, usando as vigas da própria embarcação como estruturação do conjunto. Essa configuração facilita o trânsito na área interna e minimiza o uso de material. Utiliza uma viga para apoiar o guincho de elevação. O sistema de dois flutuadores permite uma maior estabilidade, porém, compromete a liberdade de manobras da embarcação

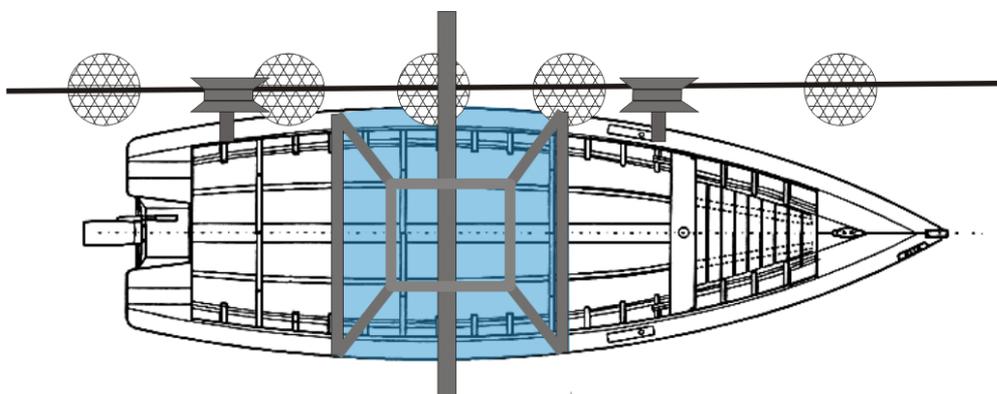


Figura 4.17 – Conceção 2 - Vista superior do esquema de trave transversal apoiada em 4 pés.

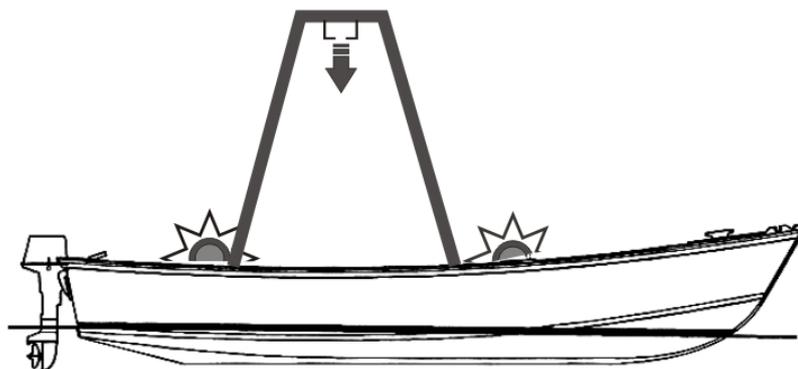


Figura 4.18 - Conceção 2 - Vista Lateral.

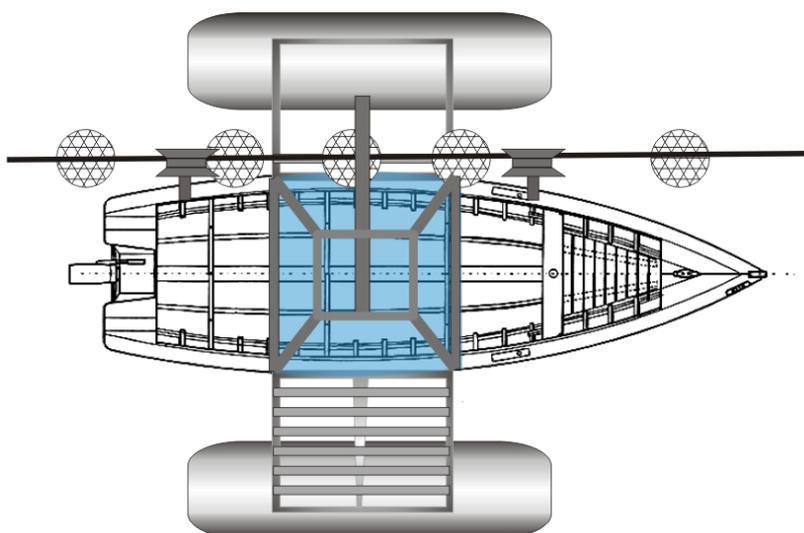


Figura 4.19 - Conceção 2 - Vista superior do esquema de viga calha com dois flutuadores

A concepção 3 figuras 4.20 e 4.22 é uma evolução da concepção 2 onde houve uma redução no número de componentes que constituem a elevação. Nesta concepção a viga além de suportar o guincho, serve de trilho para deslocar horizontalmente. Essa configuração também facilita o trânsito na área interna e minimiza o uso de material ainda mais em função da redução para 3 pontos de apoio.

Utiliza uma viga para apoiar o guincho de elevação. O sistema de um flutuador permite uma menor estabilidade em relação ao de estabilizador duplo, porém, facilita a liberdade de manobras da embarcação.

Outra diferença é o uso de interfaces de ligação entre o casco e a estrutura de elevação do sistema de içamento. Essa interface permite utilizar uma mesma peça para agregar funções diferentes com o mínimo de interferência na estrutura do casco. O uso de flutuadores independentes reduz o custo e permite uma flutuabilidade adequada. Inspirado nos flutuadores de canoas polinésias como a da figura 4.14, os flutuadores tem também a função de contrapeso com a finalidade de equilibrar a embarcação no rolamento em torno do eixo longitudinal em ambos os sentidos.

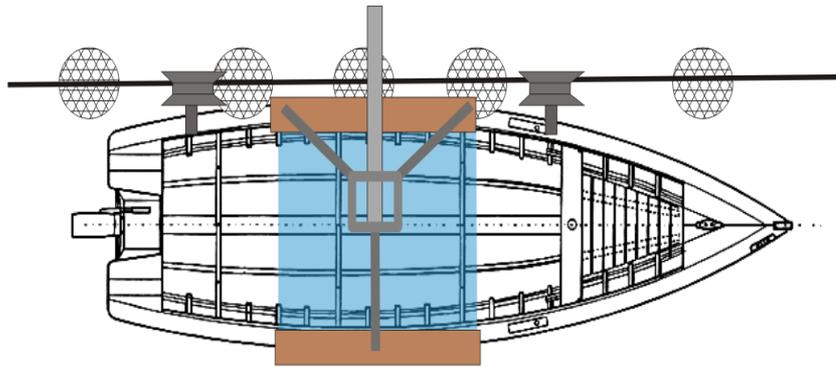


Figura 4.20 – Concepção 3 - Vista superior do esquema de viga I apoiada em 3 pés.

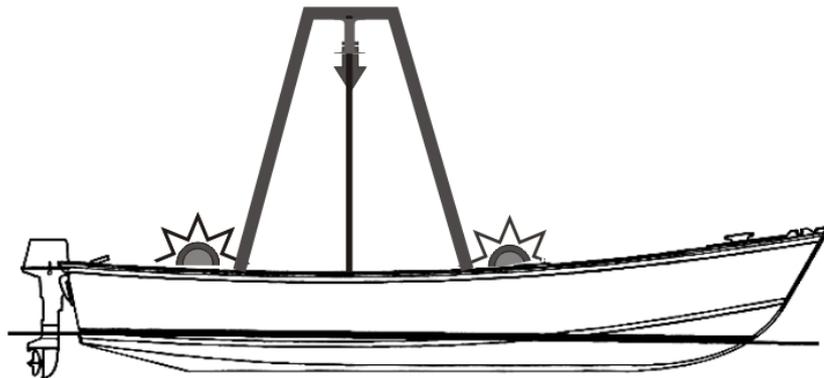


Figura 4.21 – Concepção 3 - Vista Lateral da concepção 3

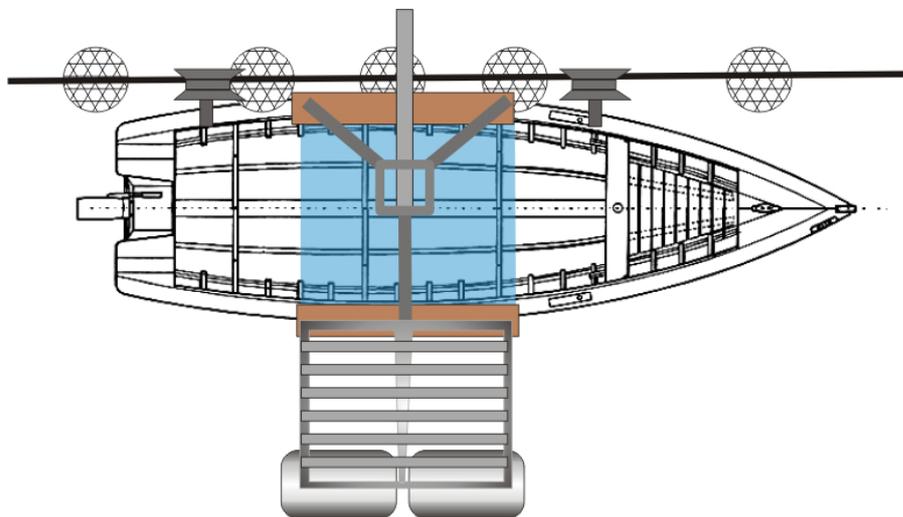


Figura 4.22 – Concepção 3 - Vista superior do esquema tripé + flutuador duas bóias

A concepção 4 figuras 4.23 e 4.25 aborda o enfoque da utilização das mesmas estruturas de interface da concepção 3, porém, utiliza um princípio de solução diferenciado. A utilização de um sistema basculante, similar ao proposto por Santana (2005). Este sistema se mostrou eficiente no sistema de lavagem de lanternas proposto por este autor e deve ser considerado como alternativa ao invés de erguer, a lanterna é rotacionada em torno do espelho e é colocada no interior da embarcação.

Para isso é necessário um reforço na estrutura e a presença de um flutuador, além de um mecanismo que permita o uso de alavancas de forma indireta, pois o giro necessário neste modelo precisa ser superior a 150° . Apesar de simples, essa configuração necessita de um mecanismo de controle para o processo de elevação. Outro ponto a ser detalhado é o mecanismo de colocação do equipamento entre a embarcação e a lanterna.

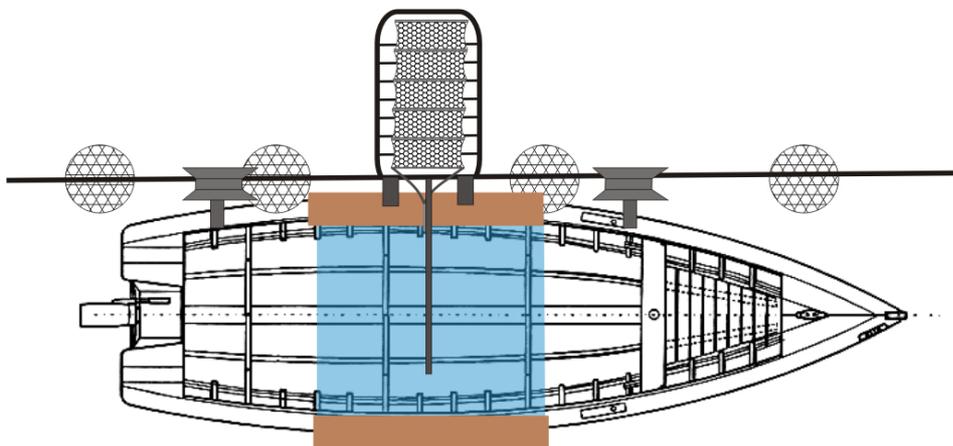


Figura 4.23 – Concepção 4 - Vista superior do esquema basculante

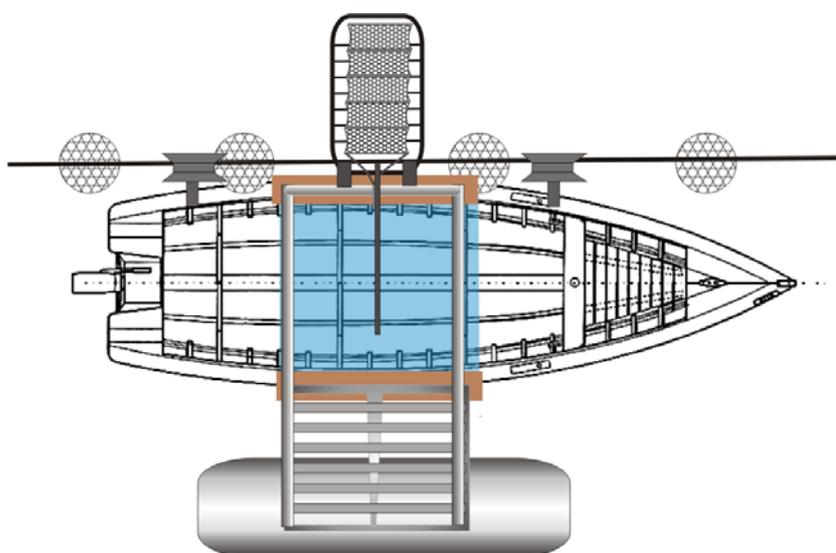


Figura 4.24 – Concepção 4 - Vista superior do esquema basculante

As concepções 5, 6 e 7, apresentadas nas figuras 4.25 a 4.27 utilizam uma configuração diferente. Nestas concepções, o trilhamento do espelho é realizado no bordo do flutuador, enquanto que nas demais, o trilhamento e içamento se realizam entre o casco principal e o flutuador. A estrutura tipo gaiola proporciona menor uso de material além de não ocupar área útil de convés.

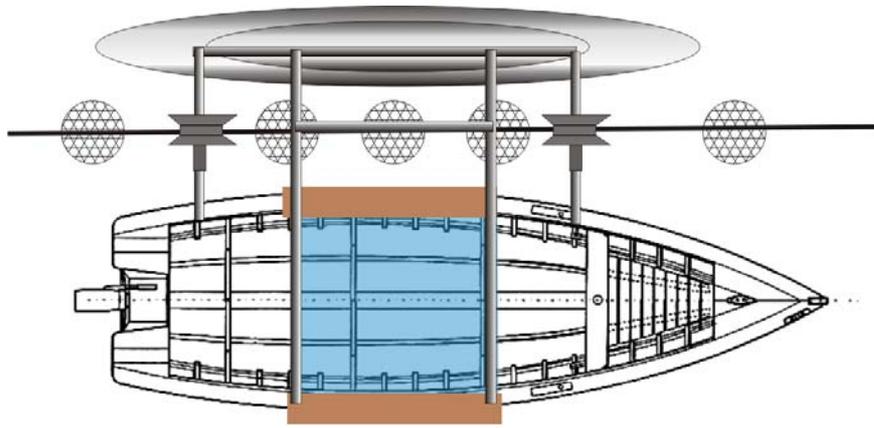


Figura 4.25 – Concepção 5 - Vista superior do esquema de gaiola com flutuador no bordo do manejo e apoiadores no meio.

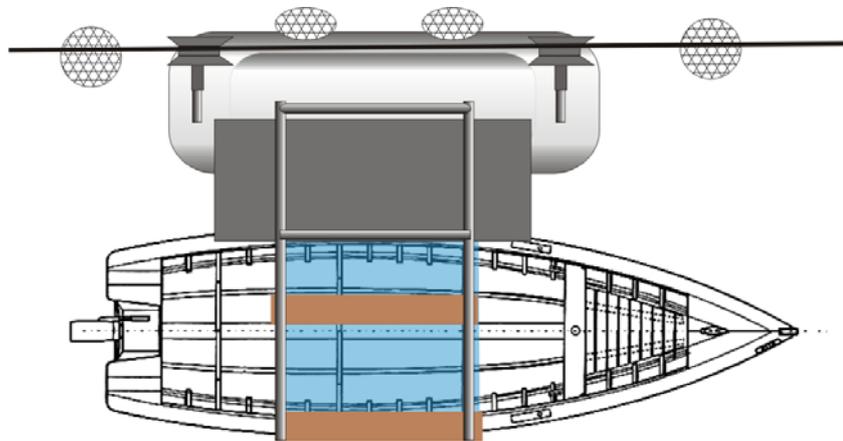


Figura 4.26 – Concepção 6 - Vista superior do esquema de gaiola com flutuador no bordo do manejo com apoiadores na extremidade do flutuador.

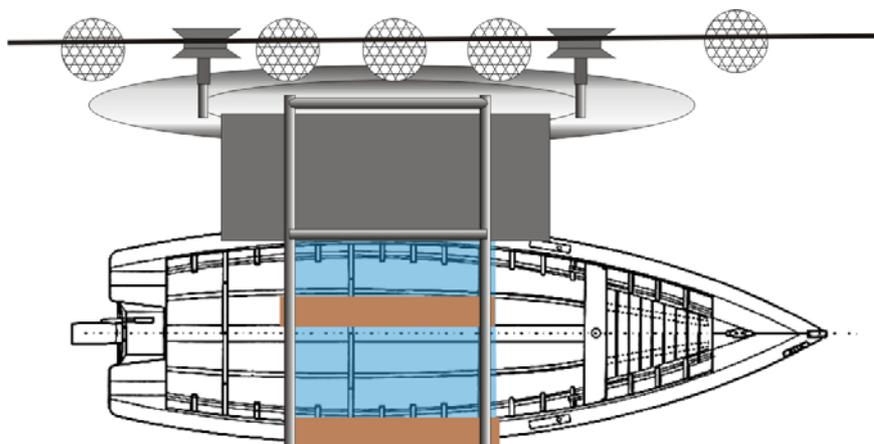


Figura 4.27 – Concepção 7 - Vista superior do esquema de gaiola com o sistema de apoio e trilhamento do espelho no flutuador no bordo do manejo

4.6 Selecionar a alternativa

Para definir a arquitetura global foi necessária a utilização de um procedimento proposto por Ullman (1992) *apud* Forcellini et al, (2005), composto por quatro técnicas, apresentado na Figura 4.30. As três primeiras técnicas, de comparação absoluta, foram aplicadas nesta etapa do trabalho.

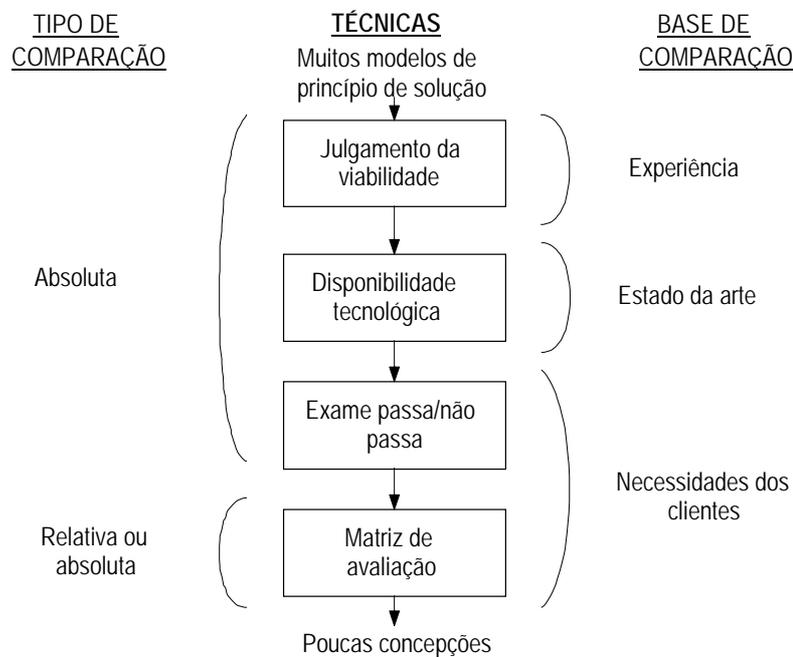


Figura 4.28 - Técnicas de avaliação conceitual (FORCELLINI ET AL, 2005).

O resultado do método aplicado são melhor observados nos Quadros 4.6, juntamente com as justificativas das eliminações, também descritas no texto. É muito importante justificar o motivo da eliminação para não dar margem a questionamentos futuros sobre o não uso da possibilidade descartada.

A primeira técnica, julgamento da viabilidade é um método de seleção que busca verificar a possibilidade de construção da concepção em termos econômicos e tecnológicos. Ela foi baseada na experiência dos especialistas para determinar se uma concepção é viável ou não. Para a aplicação da mesma os modelos são classificados em:

0 - Inviável: há algum problema de construção ou de custos que inviabiliza o modelo.

1 - Condicionalmente viável: depende da verificação de alguns aspectos que ficaram pendentes

2 - Viável: o modelo é viável tecnológica e economicamente

Com base nestes critérios obtiveram-se os resultados apresentados no Quadro 4.6

Quadro 4.6 – Resultados da aplicação da técnica do *Julgamento da Viabilidade*

CONCEP.				OBSERVAÇÕES
	0	1	2	
1		X		O sistema de mastro com lança é tecnicamente viável, entretanto, o seu sistema de ancoragem e fixação no casco exige um reforço estrutural considerável neste ponto já que toda a força de deslocamento seria carregada naquele ponto, aumentando significativamente o peso total da estrutura. Outro ponto importante é a necessidade regulagem da distância entre mastro e ponto de manejo das lanternas para haver regulagem nesta peça seria necessário um aumento considerável do peso da lança concentrando mais massa em um ponto elevado prejudicando a estabilidade da embarcação.
2			X	O sistema de gaiola com 4 pontos de apoio e viga com guincho na ponta da concepção 2 proporciona uma redução do peso da estrutura necessária para o içamento das lanternas além de proporcionar um aumento de área tanto de manejo quanto de carga extra considerável. O uso do flutuador duplo proporciona uma maior estabilidade porém se apresenta como o ponto negativo pois além do custo, este flutuador exerce um arrasto muito grande ao deslocamento da embarcação, fazendo com que as dimensões e materiais utilizados elevassem os custos de fabricação.
3			X	Esta configuração aproveitou algumas considerações das concepções anteriores e propôs uma forma diferente de atuar o sistema de flutuação. Conforme descrito acima, o ponto de içamento fica no bordo oposto ao flutuador utilizando um sistema de gaiola tubular em treliça o que proporciona uma redução de peso e maximização da resistência da estrutura. O ponto negativo a ser avaliado é a ancoragem e fixação nas bordas das embarcações.
4			X	Apesar de inovadora e simples essa concepção exige um mecanismo que permita encaixar a bandeja basculante entre a lanterna e a lateral da embarcação. Seu mecanismo de acionamento exige também uma certa complexidade para permitir efetuar a força necessária para elevação, além de manter o equilíbrio da embarcação enquanto o manejo é realizado .
5	X			Esta configuração é estruturalmente mais eficiente que o tipo gaiola de 4 pontos pois exige menos material e distribui as cargas do içamento entre o casco da embarcação e o flutuador minimizando a necessidade de um flutuador com grande empuxo e possibilitando melhorar seu perfil hidrodinâmico. O grande ponto negativo é a impossibilidade de haver trilhamento e fixação adequada do espinhel pois a plataforma de ligação entre o casco principal e o flutuador impede a elevação do mesmo.
6	X			O sistema de gaiola da concepção 6 proporciona uma redução do peso da estrutura necessária para o içamento. O uso do flutuador de configuração largo e de fundo chato maximiza a flutuação no ponto de içamento porém se apresenta como o ponto negativo pois exige deste flutuador um empuxo equivalente à carga que será içada mais o peso da estrutura de içamento, fazendo com que as dimensões e materiais utilizados elevassem os custos de fabricação.
7	X			O uso do flutuador de configuração estreito e hidrodinamico maximiza o deslocamento e compromete a capacidade de suportar cargas. Sua estrutura tipo gaiola oferece melhores possibilidades de aumentar a capacidade de carregamento, além de sua área útil ser maior e mais estável, deslocando o manejo para fora da embarcação. Entretanto o risco elevado e os custos para desenvolver um flutuador que tenha um empuxo equivalente ao da embarcação inviabilizam a alternativa

A segunda técnica, disponibilidade tecnológica, analisa se um determinado princípio de solução ou modelo utiliza tecnologias que ainda não se encontram disponíveis ou que estão em fase de desenvolvimento. Para tanto, e Reis (2003) propôs que fossem elaboradas perguntas de forma que uma resposta *sim* (S) tenha conotação positiva e uma resposta *não* (N), conotação negativa no âmbito da avaliação.

Dentre elas, adotou-se neste trabalho as seguintes:

- 1) Os princípios físicos empregados na concepção encontram-se plenamente entendidos?
- 2) A tecnologia pode ser produzida através de processos conhecidos?
- 3) Os componentes podem ser desenvolvidos sem o uso de tecnologia complexa ou pouco conhecida?
- 4) Os parâmetros funcionais críticos são conhecidos?
- 5) A sensibilidade dos parâmetros operacionais é conhecida?
- 6) Os modos de falha são conhecidos ou facilmente identificáveis?
- 7) Existe algum tipo de experiência, experimento ou produto semelhante que responde positivamente às questões anteriores?

A partir destas perguntas, foi feita a verificação de cada um dos modelos. Os resultados estão no Quadro 4.7

Quadro 4.7 – Resultados da aplicação da técnica de Disponibilidade Tecnológica

MODELO	RESPOSTAS							RESULTADO
	1	2	3	4	5	6	7	
Concepção 1	S	S	S	S	S	S	S	S
Concepção 2	S	S	S	S	S	S	S	S
Concepção 3	S	S	S	S	S	S	S	S
Concepção 4	S	S	S	S	S	S	S	S

Neste caso, todas as concepções foram desenvolvidas visando solucionar os problemas a partir das tecnologias mais simples disponíveis, não como um fator limitador de criatividade, mas visando atender os requisitos tanto pelo ponto de vista econômico quanto de tempo de desenvolvimento da pesquisa. Desta forma, todas as concepções passaram para a próxima etapa de avaliação, utilizando a técnica do exame Passa / Não Passa.

Na terceira técnica, Exame Passa / Não-passa, as soluções são comparadas com as necessidades dos clientes. As necessidades são transformadas em questões a serem aplicadas a cada um dos modelos. Foram formuladas questões baseadas nas necessidades dos clientes, devidamente respondidas pela equipe de projeto com **P** ou *possivelmente* (passa) ou **N** (não passa) (Quadro 4.8):

Quadro 4.8 – Resultados da aplicação da técnica do exame Passa (P) / Não Passa (N)

N.	Necessidades dos Clientes	1	2	3	4
1	Manejar estruturas de cultivo com peso entre 05,0 kg a 120,0 kg	P	P	P	P
2	Usar força humana como fonte de potencia	P	P	P	P
3	Reduzir esforço do usuário	P	P	P	N
4	Oferecer segurança durante o uso	N	P	P	P

Continuação do Quadro 4.8 - Resultados da aplicação da técnica do exame Passa (P) / Não Passa (N)

N.	Necessidades dos Clientes	1	2	3	4
5	Ser de fácil uso	P	P	P	N
6	Ter durabilidade de 10 anos	P	P	P	P
7	Ser ajustável às embarcações existentes	N	N	P	P
8	Resistir a condições de uso extrema (uso inadequado)	P	P	P	P
9	Reduzir o tempo de manejo	P	P	P	P
10	Estar adequado às normas da Marinha do Brasil	P	P	P	P
11	Utilizar 1 operador para o processo	N	N	P	P
12	Manter a estabilidade da embarcação durante o processo de manejo	N	N	P	P
13	Resistir a corrosão	P	P	P	P
14	Permitir regulagem para usuários diferentes	N	N	P	N
15	Ser utilizado em qualquer condição climática	P	P	P	P
16	Ter baixo custo de Operação	P	P	P	P
17	Usar peças normatizadas (catálogo)	P	P	P	P
18	Ter valor compatível com a realidade econômica dos pequenos e médios produtores.	P	P	P	P
19	Ter baixa manutenção	P	P	P	P
20	Ocupar pouco espaço na embarcação	N	N	P	P
21	Resistir a impactos	P	P	P	P
22	Ter baixo consumo de combustível	P	P	P	P
23	Usar motor a combustão como fonte de potência	N	N	N	N
24	Sinalizar e indicar suas funções	P	P	P	P
25	Aumentar a capacidade de carga da embarcação	P	P	P	P
26	Estar adequado às normas ambientais	P	P	P	P
27	Permitir regulagem de profundidade de içamento	P	P	P	P
28	Usar ferramentas Padronizadas	P	P	P	P
29	Ter movimentos restritos e previstos	P	P	P	P
30	Ser de fácil instalação	P	P	P	P
31	Resistir a movimentos oscilatórios (Ondas até 0,5 m)	P	P	P	P
32	Simbolizar equipamento industrial	P	P	P	P
33	Ter interface simples e adequada aos padrões culturais dos usuários	P	P	P	P
34	Ter baixo custo de produção	P	P	P	P
35	Resistir a ataque de raios UV	P	P	P	P
36	Possibilitar remoção do equipamento da embarcação	P	P	P	P
37	Ter Fácil manutenção	P	P	P	P
38	Ter fácil acesso aos mecanismos	P	P	P	P
39	Permitir troca de componentes	P	P	P	P
40	Ser transportado por duas pessoas no máximo (peso aproximado de 50Kg)	P	P	P	P
41	Reduzir pontos de acúmulo de água	P	P	P	P
	Resultado Passa não passa	N	N	P	N

Como as concepções apresentadas apresentavam poucas variações do ponto de vista técnico e não havia no universo disponível um modelo que pudesse servir de referência, optou-se por selecionar a concepção baseando-se em métodos de comparação absolutos. Desta forma, o resultado do exame passa ou não passa permitiu definir a melhor alternativa avaliando as concepções sob a ótica das necessidades dos clientes sem necessitar utilizar a técnica da matriz de avaliação apresentada na figura 4.28. Diante deste exame, as concepções 1,2 e 4 receberam muitos (N) ou seja muitos

julgamentos de que não passavam diante do critério de avaliação dos clientes, dessa forma, foram eliminados, restando somente a concepção 3. Apesar da escolha da concepção 3, as demais concepções não estão descartadas de futuras pesquisas que viabilizem sua continuidade no processo de desenvolvimento, servindo como tal de base de conhecimento e registro de lições aprendidas.

4.7 Analisar Sistemas, Subsistemas e Componentes.

O próximo passo foi a evolução do princípio de solução em concepção. Assim, critérios relacionados a uso, aparência, produção, custos, entre outros.

Para melhor analisar as combinações, é necessário dividir os subsistemas de modo a justificar sua escolha e especificar e estabelecer parâmetros críticos para o funcionamento do sistema geral.

Dentre alguns métodos pesquisados na literatura para a obtenção das variantes de concepção (PAHL e BEITZ, 1996; REIS, 2003; MENEGATTI, 2004), foram empregados *cálculos aproximados baseados em suposições simplificadoras* e *desenhos em escala simplificados* de possíveis leiautes, formas, requisitos espaciais, compatibilidade entre funções etc.

Estas definições porém não prevêem a utilização de ferramentas computacionais poderosas que se tornaram de fácil acesso como os programas de CAD / CAM de modelamento tridimensional como o SolidWorks® que contém módulos de análise estrutural de elementos finitos que permitem simular e determinar pontos de fadiga, limites de resistência, etc.

Essas características permitiram alterações de forma simples da configuração de leiautes, formas, especificações do material, entre outras variáveis ambientais permitindo simulações precisas, possibilitando redução de material, otimização da geometria e maximização da resistência estrutural além da simulação da seqüência de montagem e interfaces entre os componentes.

O projeto dos componentes via CAD de modelamento tridimensional pode ser suficientemente detalhado em relação a *features* ou componentes especiais, não necessitando adentrar em detalhes com relação à prática estabelecida.

Para atingir o nível de desenvolvimento ideal para as concepções, Ferreira (1997) estabeleceu os seguintes critérios:

- Definição das formas dos seus elementos. Deve-se buscar a definição de perfis aproximados da estrutura do sistema e formas aproximadas de componentes como parafusos, cubos, entre outros.

- Definição dos arranjos dos seus elementos. Explicitar a configuração dos conjuntos presentes no sistema.

- Definição das classes de materiais utilizados nos elementos. Indicar o tipo de material que o sistema será construído, sem necessidade de especificá-lo.

- Dimensionamento preliminar (matemático ou intuitivo) dos principais elementos. Devem-se buscar as dimensões mais significativas. Outras dimensões devem ser estimadas e outras, com menores implicações, devem ser deixadas para o projeto detalhado.

Todos os itens acima citados puderam ser mais bem avaliados utilizando as ferramentas de CAD agilizando em muito o trabalho e encurtando, inclusive, as etapas de detalhamento previstas para o próximo capítulo.

Para melhor decidir sobre a configuração final dos subsistemas, estes foram desmembrados e analisados individualmente visando melhorá-los de maneira mais eficiente, uma vez que a concepção geral está definida.

A partir da alternativa escolhida foi desenvolvido um modelo figuras 4.29 e 4.30 para analisar as possibilidades de modificação e ajuste da estrutura com peças simples e que proporcionassem uma visualização mais rica das correlações entre os componentes. Este modelo confeccionado em materiais simples proporcionou a visualização em escala da disposição e configurações possíveis do equipamento.



Figura 4.29 – Modelo em escala para análise de uma configuração – lado do manejo.



Figura 4.30 – Modelo em escala para análise de uma configuração – lado estabilizador.

O modelamento inicial permitiu otimizar a configuração do protótipo alterando a configuração apresentada no modelo em escala utilizado como referência que tinha 4 pontos de apoio para somente 3, referente à alternativa escolhida (concepção 3), reduzindo materiais e concentrando as interfaces de ajuste em uma única peça.

Esta configuração inicial deu início ao desenvolvimento dos sistemas, subsistemas e componentes do equipamento, evoluindo a configuração inicial e incorporando variáveis de *DFx*. A atividade de análise dos SSCs, marca um momento importante na atividade de

projeto pois permite que a equipe de projeto possa prever os impactos do ciclo de vida no projeto do produto.

O *DFx* (Design for x, ou projeto para x) onde X representa uma consideração sobre os impactos no ciclo de vida como: qualidade, manufatura, produção, montagem ou meio ambiente, utiliza uma série de regras e diretrizes para auxiliar a equipe de projeto nas tomadas de decisão. O *DFx* pode ser considerado como uma base de conhecimentos com o objetivo de projetar visando maximizar características como qualidade, confiabilidade, segurança e tempo para o mercado enquanto minimiza os custos e otimiza os processos envolvidos nas etapas do ciclo de vida.

Neste caso, a consideração principal foi no *DFM* (Projeto para Manufatura) mesmo sendo prevista a construção ou fabricação de somente uma unidade do protótipo para testes. Dessa forma, foi possível otimizar o processo de construção do protótipo, reduzindo tempo de uso de solda, número de componentes diferentes, desperdício de materiais oferecidos em dimensões pré-definidas, processos de conformação e demais processos de usinagem.

O conceito de arquitetura da concepção escolhida possui a flexibilidade necessária para adequar-se em embarcações entre 1,0 e 2,5 metros de boca, como demonstrado nas figuras 4.31 e 4.32 o sistema é flexível o suficiente para adequar-se com o mínimo de alterações em sua estrutura a diversos modelos de embarcação.

Desta forma, cumpre-se um importante requisito de projeto, que prevê a aplicação de testes do protótipo em pelo menos duas embarcações diferentes.

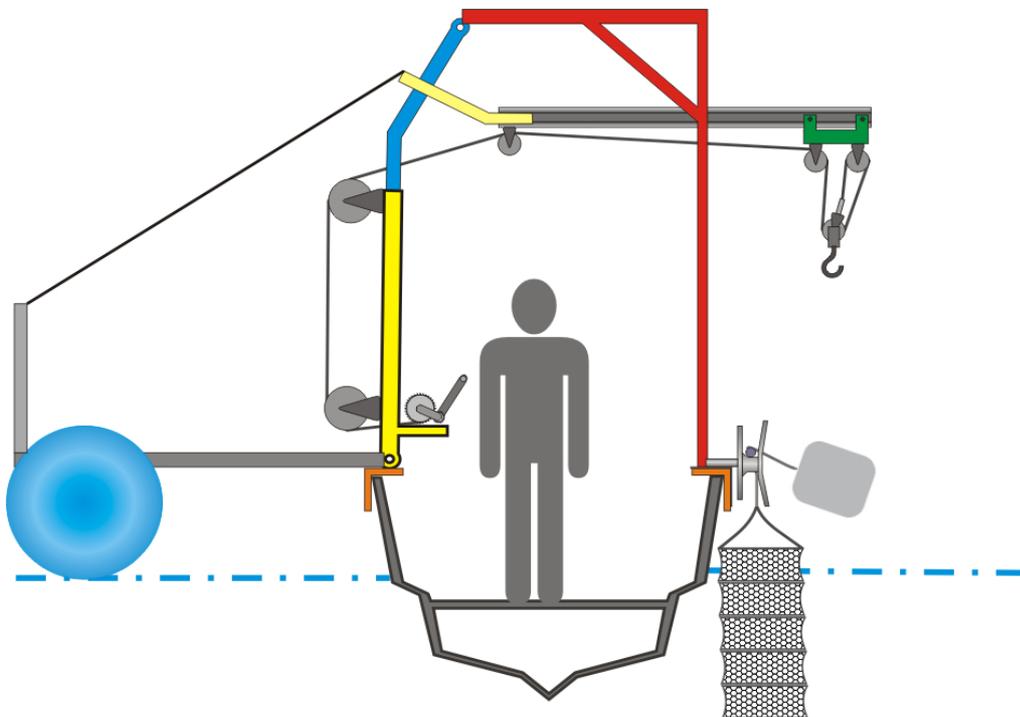


Figura 4.31 – Adequação do equipamento em uma embarcação pequena (boca de 1,2 m)

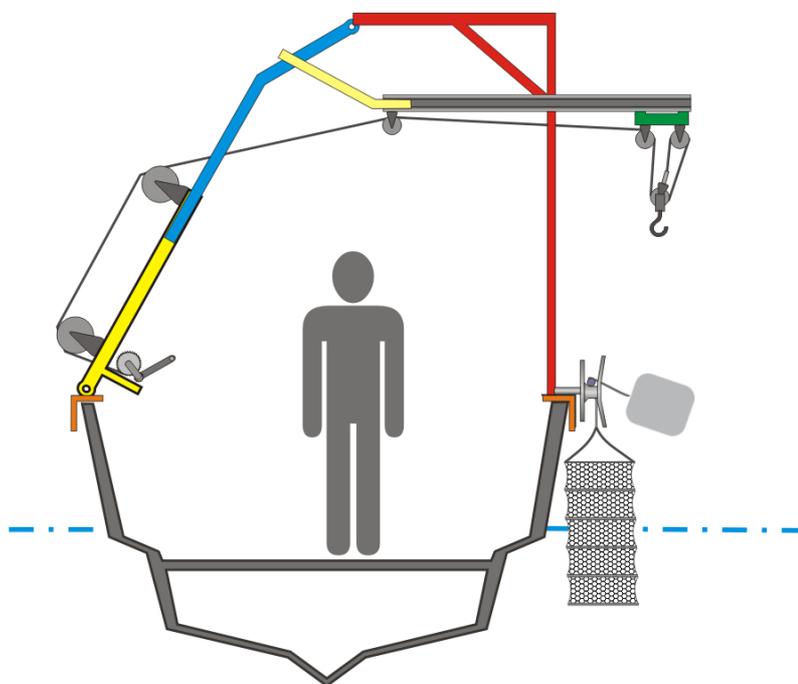


Figura 4.32 – Adequação do equipamento em uma embarcação grande (boca de 2.5 m)

Além desta adequação, o equipamento possui um sistema simplificado de operação que consiste no deslocamento vertical e horizontal das lanternas através de uma mesma operação, iniciando com o engate do guincho do sistema na lanterna a ser manejada, sua posterior soltura do espinhel (figura 4.33).

Em seguida, utilizando o subsistema de trole que permite que com a mesma aplicação de força, através de um sistema de cabos e polias, deslocar a lanterna até um ponto elevado como mostra a figura 4.34, iniciando o deslocamento horizontal de forma automática após o destravamento do trole da viga que serve de trilho para o deslocamento horizontal.

Com o mesmo equipamento de aplicação de força vertical, é possível aplicar a força horizontal necessária e deslocar a lanterna até um ponto no interior da embarcação mostrado na figura 4.35. Neste ponto, o operador deve acionar o sistema responsável pela descida da estrutura até o convés da embarcação.

Com o sistema liberado o conjunto trole guincho pode retornar à posição inicial figura 4.36 para realizar um próximo procedimento que ocorre após o deslocamento da embarcação para o ponto da próxima lanterna utilizando o subsistema de fixação e apoio que utiliza uma roda estrela.

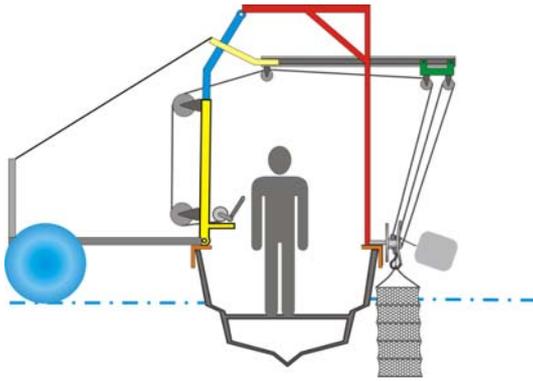


Figura 4.33 - Fixação do equipamento na lanterna.

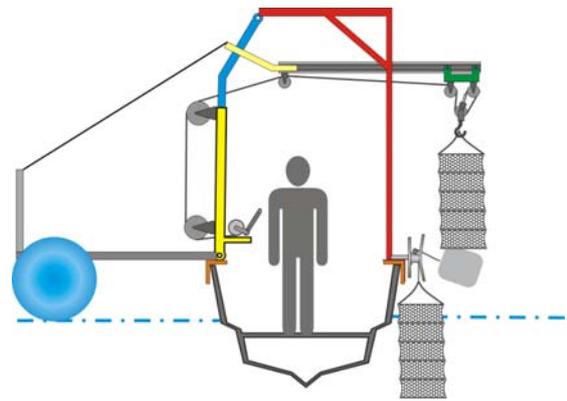


Figura 4.34 - Deslocamento vertical da lanterna.

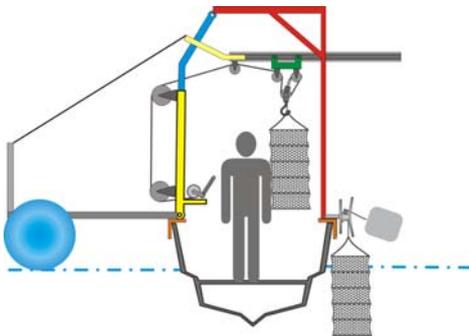


Figura 4.35 - Deslocamento horizontal da lanterna.

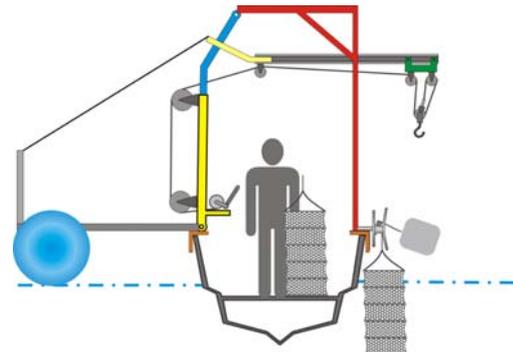


Figura 4.36 - Acomodação da lanterna e retorno ao início da operação.

Definida a Seqüência de manejo e os subsistemas necessários para a realização do mesmo, inicia-se o processo de evolução dos mesmos, visando a otimização dos processos construtivos, a redução do peso e o aumento de resistência destes componentes. O conjunto de subsistemas pode ser melhor observado na figura 4.37.

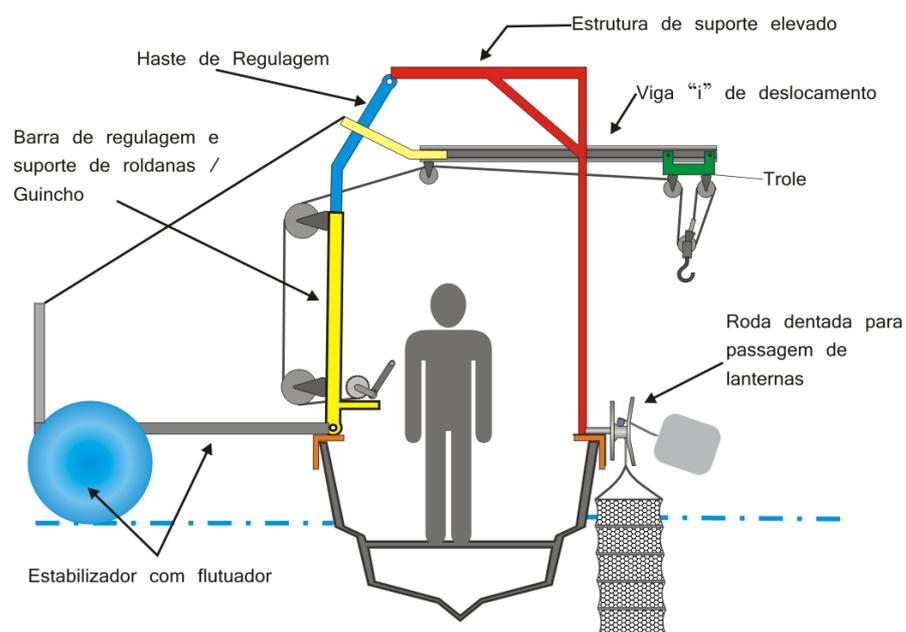


Figura 4.37 - Subsistemas presentes no equipamento.

4.7.1 Estrutura de Suporte elevada

O modelamento em programas de CAD permitiu a experimentação e simulação de diferentes geometrias e materiais para este subsistema como as concepções iniciais figuras 4.38 e 4.39 de configuração visando a minimização do uso de material e conseqüente baixo peso, porém foi barrada pelo especialista de fabricação por exigir um numero grande de operações de usinagem, aumentando os custos de fabricação.

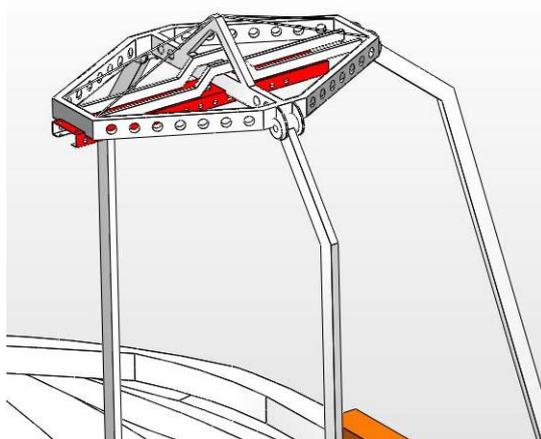


Figura 4.38 – Detalhe do sistema de trilho e estrutura vazada superior.

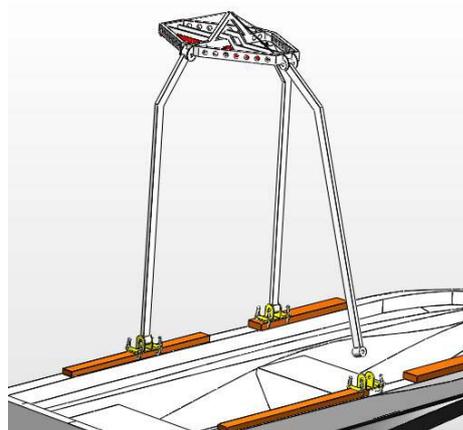


Figura 4.39 – Estrutura de suporte elevada - proposta descartada.

As configurações evoluíram até um modelo considerado eficiente e simples, tanto do ponto de vista do processo de fabricação quanto de redução de peso e aumento de resistência.

Esta configuração, demonstrada na figura 4.40 apresenta ainda todas as características positivas observadas na concepção aprovada como a não utilização da área útil do convés, distribuição da carga manejada em 3 pontos da estrutura, redução do peso total da estrutura, permite a adaptação em embarcações de diferentes bocas.

A manutenção do equilíbrio da embarcação é prejudicada em função do deslocamento do centro de gravidade para um ponto mais elevado, entretanto a maior parte de seu centro de massa é deslocado para o centro da embarcação porém o ponto do centro de massa está a aproximada mente 0,8 m de altura em relação ao piso da embarcação o que torna necessária a utilização de um dispositivo para equilíbrio caso a embarcação necessite.

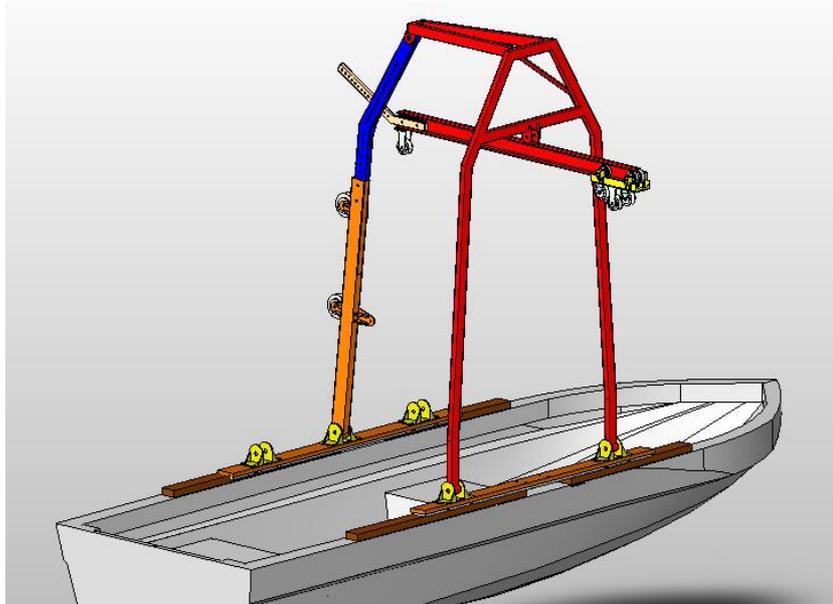


Figura 4.40 – Configuração inicial da estrutura com 3 pontos de apoio e viga I

Esta configuração possibilita um arranjo otimizado da estrutura em relação ao deslocamento das lanternas. Nesta disposição, inclusive, pode-se prever o aumento da altura das colunas da estrutura, possibilitando o uso de lanternas com mais andares, dependendo da capacidade das embarcações. Entre a concepção inicial da figura 4.40 e as finais obtidas nas figuras 4.41 e 4.42, foi necessário o uso de programas de análise estrutural.

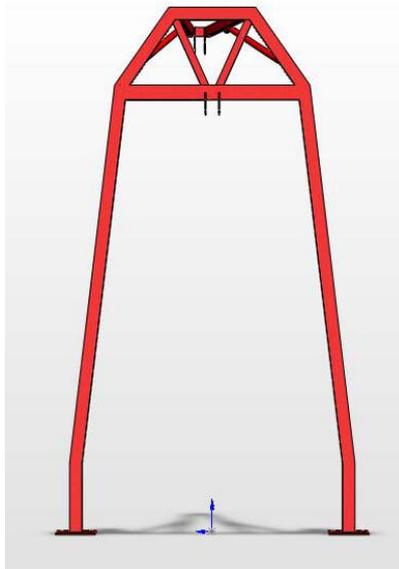


Figura 4.41 – Vista frontal da estrutura de suporte elevada.



Figura 4.42 – Vista lateral da estrutura.

O uso do programa de análise estrutural integrado ao programa de modelamento tri-dimensional, permitiu a equipe de projeto otimizar a estrutura de forma que esta apresentasse uma rigidez estrutural e a segurança necessária para as solicitações

previstas. A partir da análise de elementos finitos, foi possível detectar os pontos críticos da estrutura, alterando, a partir dos dados obtidos a configuração geométrica, e o material.

Esta configuração precisava obter um coeficiente de segurança que permitisse o uso de uma carga máxima estipulada em 3000 N, o equivalente ao carregamento de massas ao redor de 300 kg, conforme estipulado nas especificações meta (Quadro 3.6).

A análise estrutural usando o programa de simulação de tensão e deformação (COSMOSXPRESS® do pacote de aplicativos de CAD / CAE SolidWorks®) demonstrou que a geometria inicial apresentada na figura 4.40 apresentava uma deformação excessiva quando aplicada uma carga de 2500 N no ponto onde haveria a ligação entre a estrutura e a viga de suporte do conjunto de tração. Esta deformação ultrapassou o limite de deformação do material estipulado (aço 1020) como visto na figura 4.43. Através desta análise foi possível propor uma nova geometria, bem como reduzir a espessura da parede do tubo utilizado de 2,0 para 1,5 mm, reduzindo 6,7 kg do peso final da estrutura sem haver comprometimento da segurança. Com a nova geometria, observada na figura 4.44, a deformação apresentada permaneceu dentro da faixa de segurança do material.



Figura 4.43 – Análise estrutural da configuração inicial c/ indicação dos pontos críticos de deformação do material

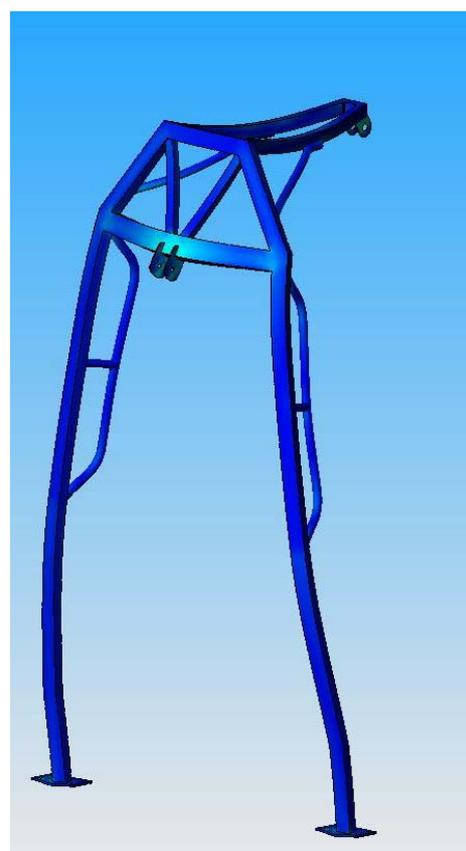


Figura 4.44 – Análise estrutural da nova geometria apresentando uma deformação dentro dos critérios de segurança.

4.7.2 Interface dos subconjuntos com a Embarcação

A interface de fixação do sistema de elevação com a embarcação foi prevista para conter a maior parte dos sistemas auxiliares de equilíbrio e também os responsáveis por fixar e trilhar o espinhel. Desta forma a única interferência na estrutura da embarcação foi à furação necessária para fixar as pranchas de ligação mostradas na figura 4.45 no casco através de parafusos que permitam a regulagem de distância necessária para ajustar nas diferentes curvaturas das embarcações.

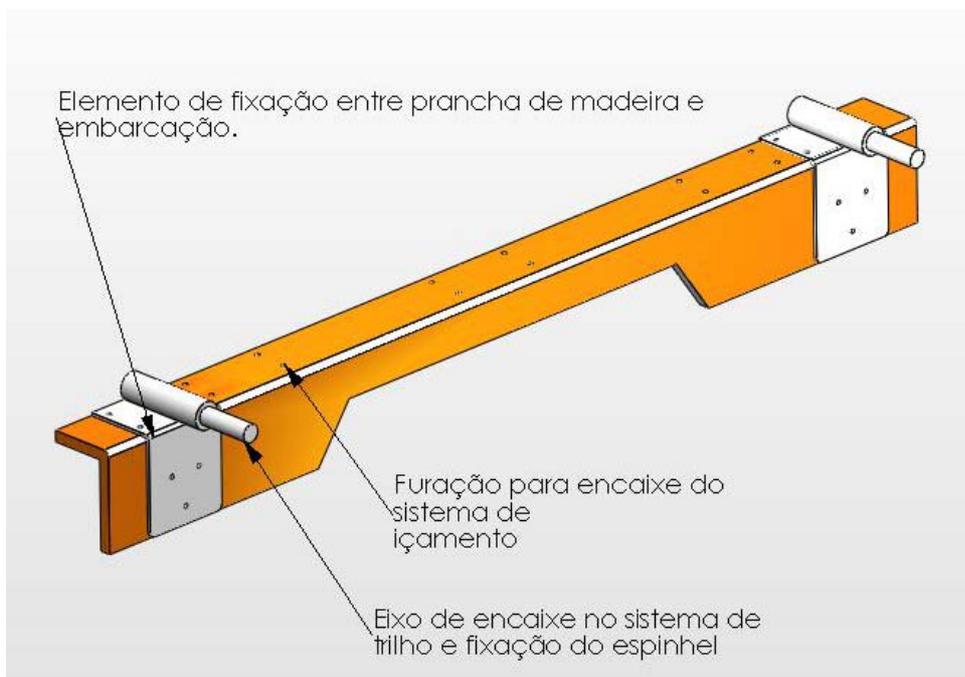


Figura 4.45 – Prancha de madeira – interface entre sistemas e embarcação – prancha do lado do manejo.

4.7.3 Fixação e trilhamento

Inicialmente o subsistema responsável pelas funções de fixação e trilhamento, foram projetados a partir da configuração observada no sistema do barco chileno, detalhado no capítulo 2, item 2.6.4 deste trabalho que possui um dos sistemas mais eficientes para esse processo, segundo os especialistas.

Algumas alternativas criadas como as demonstradas nas figuras 4.46 e 4.47, apresentam configuração similar à encontrada naquele modelo, sendo projetadas para serem confeccionados em aço inox e acoplados em eixos fixos no bordo de manejo da embarcação.

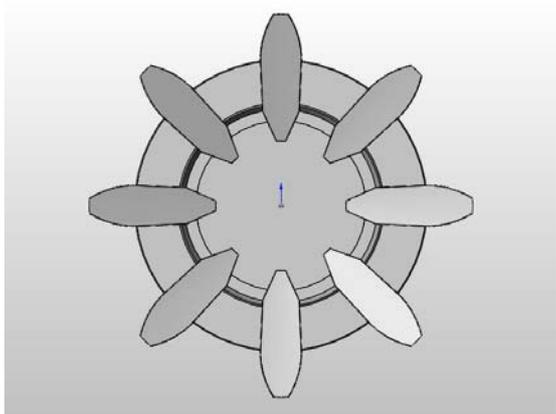


Figura 4.46 - Conceção sistema fixar / trilhar espinhel em aço inox - vista frontal.

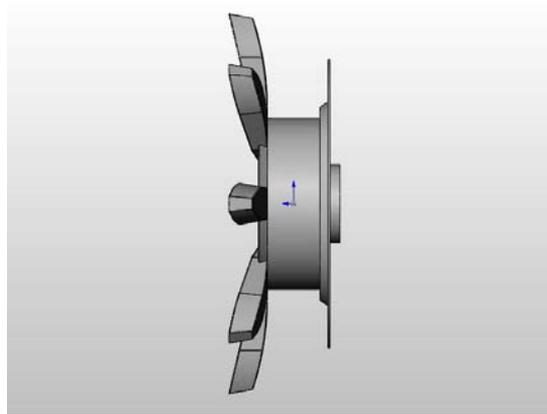


Figura 4.47 - Conceção sistema fixar / trilhar espinhel - vista lateral.

4.7.4 Viga I

Com o objetivo de manter o sistema de içamento fixo em relação à embarcação, reduzindo deslocamentos de massa superiores aos que serão realizados no manejo, foi adotada a solução baseada no princípio do guindaste de trole (figuras 4.8 a 4.10) que mantém uma viga fixa em relação à estrutura de suporte, delegando os deslocamentos a uma estrutura de menor massa que se desloca em seu sentido longitudinal chamada de trole (figura 4.10).

Nesta configuração, a viga I (figura 4.48) recebe toda a carga aplicada no manejo e a distribui para o resto da estrutura, com isso, reduz-se a necessidade de mais pontos de apoio e regulagens.

Assim como na estrutura de suporte elevada, a viga I necessitou de uma análise estrutural para determinar a resistência da mesma sob ação de cargas já que seu vão livre em balanço possuía uma dimensão considerável. Através destas análises foi possível utilizar uma viga com alma mais delgada, reduzindo o peso desta parte sem comprometer os limites de segurança.

Um dado importante obtido com esta análise foi a substituição da chapa soldada que fazia a ligação da mesma com a estrutura de suporte elevada, demonstrada na análise como sendo um ponto crítico e passível de ruptura em uma solicitação maior. Além de alterar a chapa usada, foi possível prever os pontos onde as soldas deveriam ter maior atenção pois seriam mais solicitadas e sujeitas a fadiga.

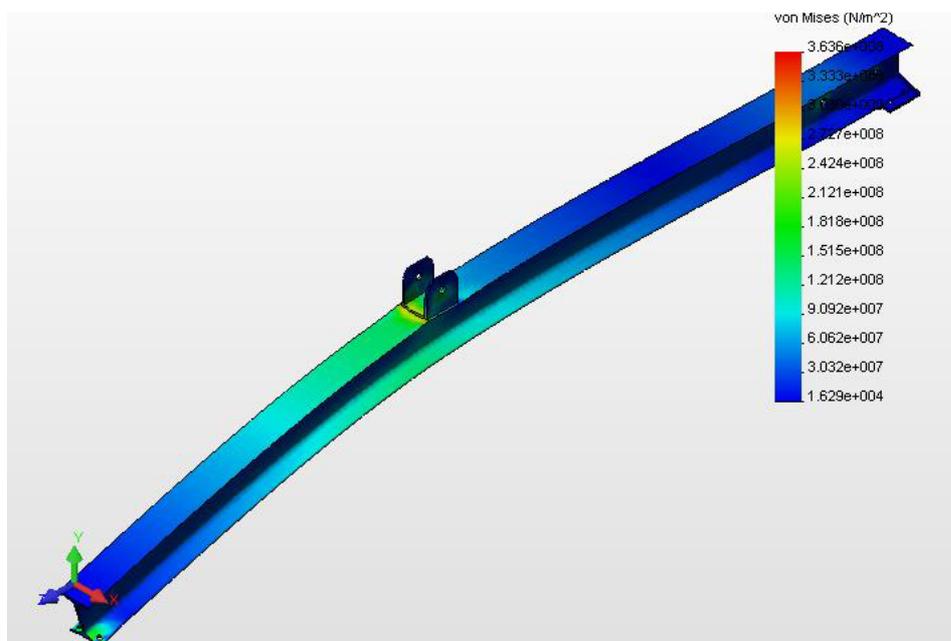


Figura 4.48– Viga “I” de suporte e deslocamento do trole de movimentação do trole - Programa COSMOSXPRESS® do pacote de aplicativos de CAD / CAE SolidWorks®.

4.7.5 Trole

O trole, subsistema que concentra a maior parte de funções, sendo responsável tanto por parte do sistema de redução de forças no deslocamento vertical quanto do sistema de deslocamento horizontal e suas respectivas necessidades de controle de movimento. Nesta configuração inicial o trole apresenta uma forma que permite a colocação de roldanas para redução de forças.

Para efeito de testes de protótipo, o sistema apresenta o mecanismo de travamento tanto da lanterna quanto do próprio trole de forma manual. Estes mecanismos são fundamentais para o bom funcionamento do conjunto, permitindo um ciclo rápido e eficiente, além de seguro.

Considerando que haverá somente uma entrada de energia na forma de aplicação de força no sistema, e esta se dará através de cabos que tracionarão as lanternas, o mesmo sistema responsável pelo deslocamento vertical da estrutura de cultivo, será responsável pelo deslocamento horizontal, necessitando assim de um mecanismo que permita realizar as seguintes funções: (a) travamento do trole junto a viga I; (b) travamento do guincho de suporte da lanterna no trole; (c) liberação do trole da viga I; (d) destravamento do guincho de suporte da lanterna do trole.

A seqüência dessas funções pode ser melhor observada nos esquemas A e B das figuras 4.49 e 4.50 respectivamente.

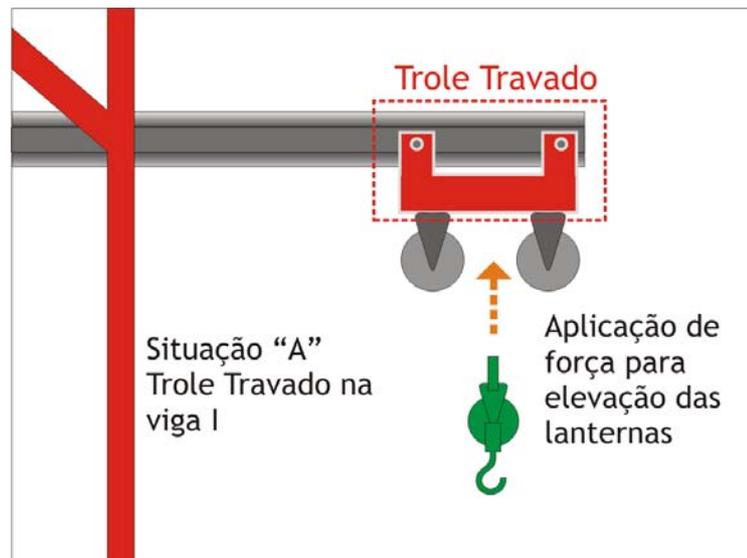


Figura 4.49 – Situação “A” da Viga “I” – Trole travado

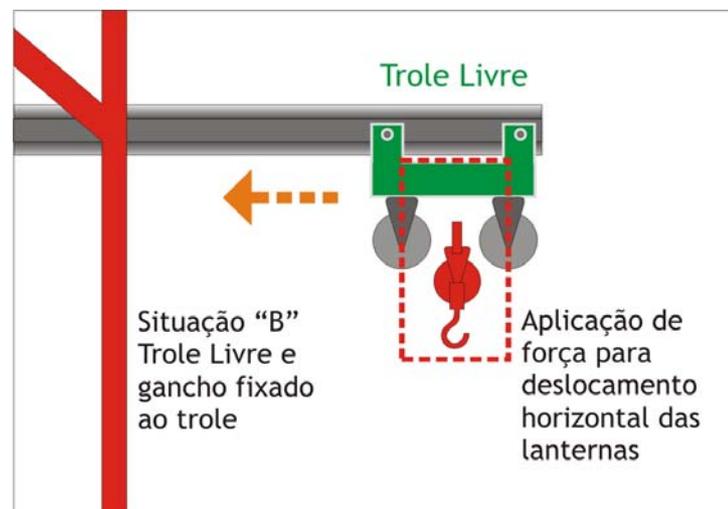


Figura 4.50 - Situação B da Viga “I” – Trole livre com gancho fixo ao trole.

O uso do sistema de polias é uma combinação de várias polias ou roldanas fixas e móveis. Existem sistemas para ganho de força e outros para ganho de velocidade. Dispositivos de elevação empregam geralmente talhas para ganho de força e raramente para ganhos de velocidade como por exemplo em elevadores hidráulicos e pneumáticos. (RUDENKO, 1976). O uso de um sistema de polias com roldana fixa foi escolhido por ser de fácil obtenção e permitir uma redução pela metade na força necessária aplicada para erguer uma mesma carga, quando usada em conjunto com demais roldanas.

Desta forma, o projeto final do trole (figura 4.51) é composto por um conjunto de 4 rodas confeccionadas em material polimérico, preferencialmente o nylon 6 que apresenta boas características de resistência e durabilidade, além de ser facilmente encontrado no mercado.

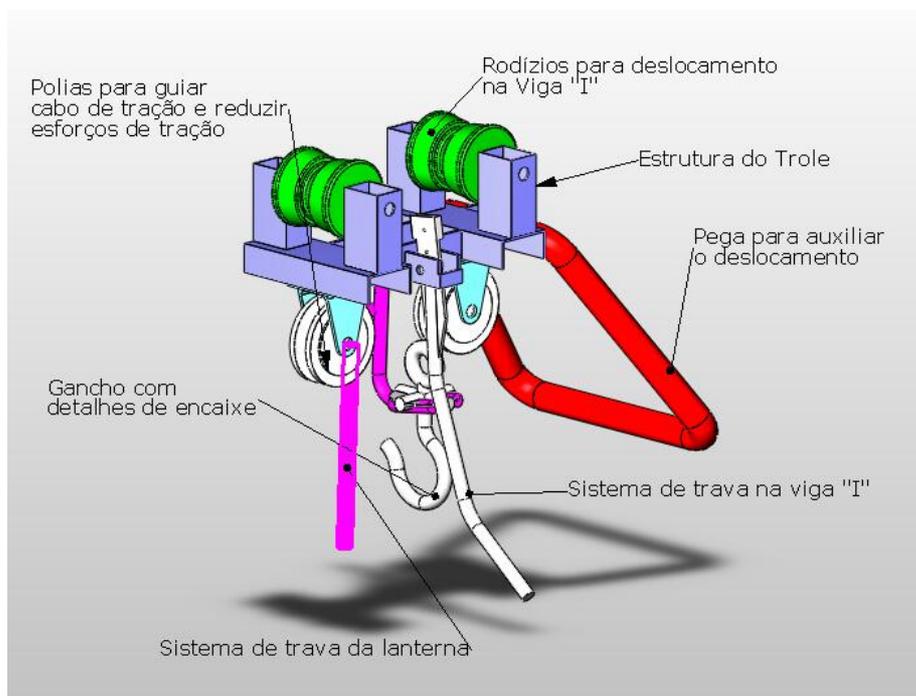


Figura 4.51 – Trole de deslocamento das lanternas.

Assim como nos demais subsistemas críticos, o trole por receber toda a carga de içamento diretamente sobre sua estrutura deveria ser analisado minuciosamente para determinar os seus limites de segurança para resistência, deformação e pontos críticos de solda concentração de tensões (figura 4.52).

Através desta análise foi possível determinar o posicionamento das torres e dos furos de suporte dos eixos das rodas, alterando o seu diâmetro e altura. Outro ponto crítico detectado e passível de falhas foram as pontas abertas do perfil U usado para unir as partes do trole, sendo então reforçados no projeto e na fabricação do mesmo.

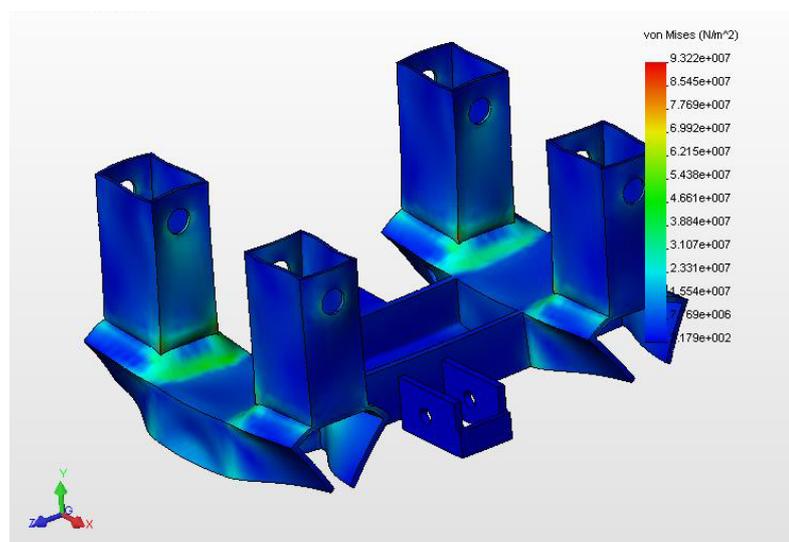


Figura 4.52 – Análise estrutural do trole com simulação de pontos de tensão e deformação em escala visível - Programa COSMOSXPRESS® do pacote de aplicativos de CAD / CAE SolidWorks®

4.7.6 Plataforma de estabilização

Conforme descrito anteriormente o deslocamento do centro de massa do sistema de içamento para um ponto mais elevado proporcionou instabilidade para o sistema, forçando o uso de um sistema auxiliar de estabilização nas embarcações de boca inferior a 2,1m. Desta forma, a plataforma de flutuação exerce várias funções em uma mesma forma, aumentando a eficiência do sistema. Age tanto como um contrapeso como um flutuador, auxiliando na estabilização da embarcação.

A plataforma de estabilização (figura 4.53) tem a função de contrapeso por possuir uma massa considerável a uma distância de 800 mm do bordo oposto ao bordo de manejo com um peso distribuído aproximado de 20 kg podendo utilizar lastros em sua ponta, aumentando ainda mais o efeito de contrapeso. Esses lastros podem ser constituídos da própria água do mar mantida em reservatórios que somente são cheios na hora do manejo.

A plataforma aumenta a área útil em 1,6 m², proporcionando maior segurança durante o manejo, possibilitando ainda acomodação e transporte de mais lanternas de cultivo (figura 4.54). Os tanques de polietileno comumente usados como bóias na maricultura foram usados como flutuadores tendo a vantagem de serem de baixo custo e boa resistência / durabilidade, permitindo consertos e facilitando sua substituição.

Outro ponto importante é a sua flutuabilidade mesmo quando furado, não possibilitando uma sobrecarga em caso de furos. O revestimento em madeira tratada possibilita boa resistência e baixo peso ao conjunto, além de baixo custo e durabilidade.

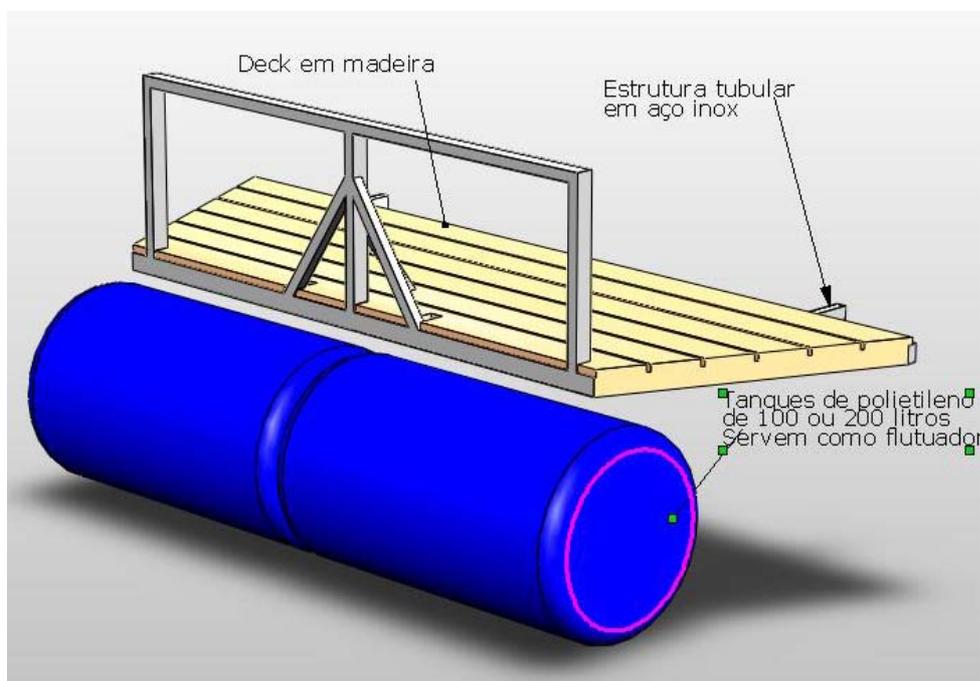


Figura 4.53 – Plataforma auxiliar de, contrapeso e flutuação extra.

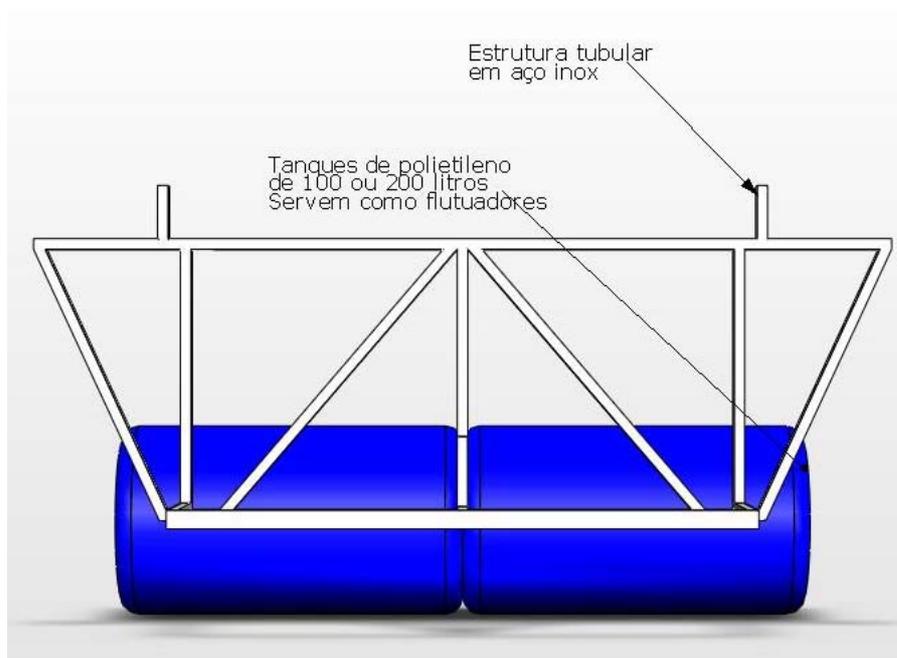


Figura 4.54 – Vista superior da plataforma auxiliar de contrapeso e flutuação extra.

4.7.7 Hastes de suporte e regulação

Através do uso de uma haste de suporte (figura 4.55) o sistema permite adequar-se a diferentes dimensões de boca de embarcações variando o ângulo da haste em relação ao bordo de apoio e a distância entre esta e a haste de ajuste. Desta forma minimiza-se o número de componentes sem comprometer a estabilidade estrutural.

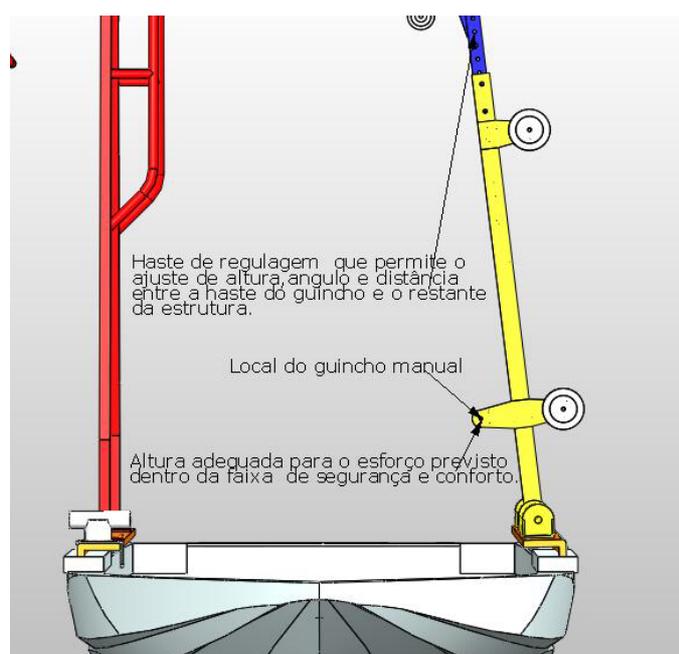


Figura 4.55 – Haste de regulação para diferentes bocas e suporte do guincho manual de aplicação da força de içamento.

Outra vantagem é a colocação do guincho manual que será a interface entre o usuário e o sistema de içamento. A posição deste guincho favorece a aplicação de forças pelo usuário pois se localiza numa faixa entre 650 e 750 mm de altura em relação ao piso do barco, considerada ideal para exercer esforços até 30 kg reduzindo a possibilidade de fadiga prematura e ou lesões segundo (PROVENZA, 1978). A determinação dessas dimensões é melhor observada na figura 4.56. Considerada uma variável fundamental para o funcionamento adequado do equipamento, a ergonomia, neste caso, aplicada em relação à atuação de força humana sobre o conjunto, impõe restrições em relação ao posicionamento do usuário em relação ao conjunto de aplicação de força necessário para realizar as operações.

Desta forma, a figura 4.56 demonstra as áreas em relação ao corpo do usuário em que se obtém os melhores resultados em termos de força aplicada. Para este equipamento a situação que melhor representa os esforços realizados é o sistema de alavancas tipo A, permitindo aplicações de força limite equivalentes a 30 kg.

Considerando os sistemas de redução apresentados acima, para as lanternas médias, com peso entre 20 e 80 kg, a aplicação de força estará sempre entre a faixa de tolerância estipulada por Provenza (1978).

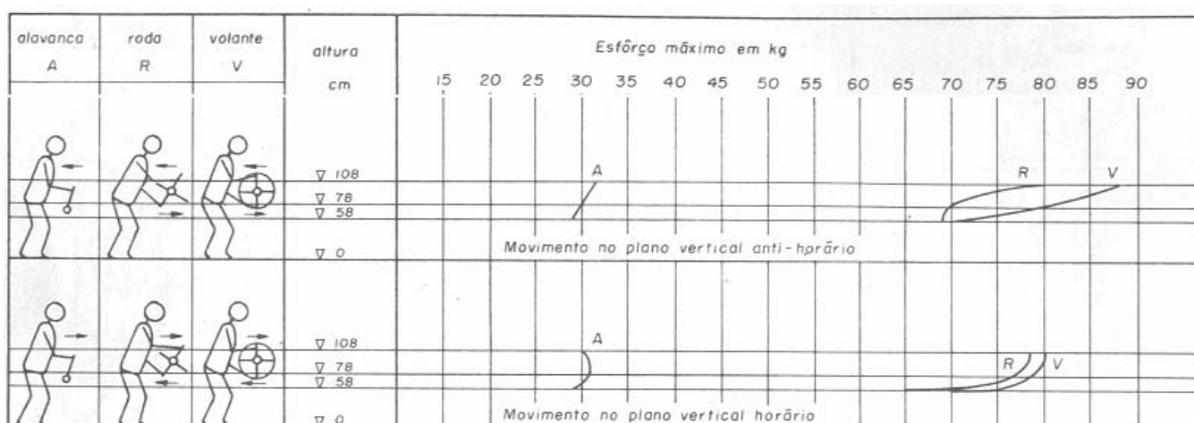


Figura 4.56 - Esforço manual em relação à altura da manivela – fonte: (PROVENZA, 1978).

4.7.8 Sistema de tração

Conforme indicado anteriormente, este equipamento utilizará um sistema de tração tipo guincho manual encontrado no mercado como o modelo da figura 4.57, utilizado para içamento de equipamentos náuticos. Este modelo é dimensionado para tração de no máximo 450 kg, estando desta forma, dentro dos parâmetros delimitados e com uma margem de segurança considerável.



Figura 4.57 – Guincho usado para içamento

4.8 Concepção final com demais componentes

A configuração final do projeto do protótipo permitiu cumprir a maior parte dos requisitos de projeto, possibilitando medir muitas variáveis estipuladas a partir da simulação computacional do modelo (figura 4.58). Com a configuração final contendo todos os subsistemas agregados, é possível determinar as interfaces de fixação, movimento relativo, materiais e demais elementos.

Esta concepção final reúne todos os subsistemas e está sendo simulada nesta figura montada em uma embarcação de 4,3 m de comprimento, evidenciando a necessidade da utilização do sistema de estabilização quando da utilização do equipamento em embarcações de pequeno porte.

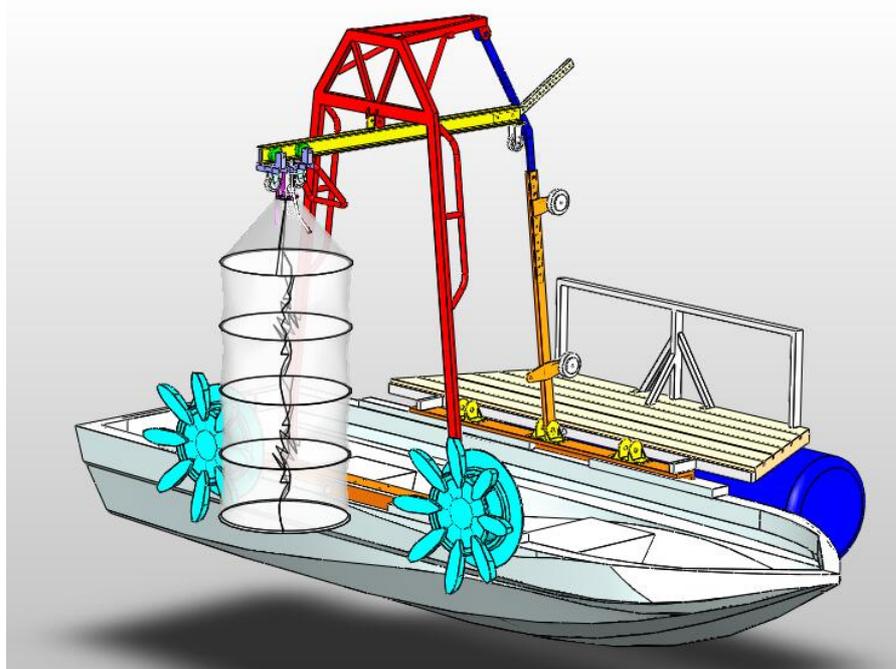


Figura 4.58 – Visão geral do conjunto contendo os subsistemas

4.9 Observação sobre a análise estrutural

A análise estrutural por elementos finitos, que foi realizada nos subsistemas teve como objetivos principais, responder as seguintes questões:

Como se dará a deformação? Pode ser usado menos material sem afetar o desempenho?

O uso das ferramentas computacionais de análise estrutural permitiu à equipe de projeto uma maior confiabilidade em relação à geometria e aos materiais utilizados, reduzindo tempo de desenvolvimento do protótipo. O processo e as práticas comuns de desenvolvimento de produtos seguem, basicamente, a seguinte seqüência para determinar a viabilidade técnica das partes:

Projeto do componente » Prototipagem » Teste e ensaios do protótipo » Modificação do projeto baseado nos testes e ensaios do protótipo.

As vantagens da realização da simulação e análise estrutural utilizando ferramentas computacionais como o programa COSMOSXpress® durante o desenvolvimento do produto e principalmente na fase do projeto conceitual, são a redução considerável dos custos e do tempo de lançamento do produto.

Neste projeto foram realizadas análises de tensão, ou análise estática calculando os deslocamentos e as tensões em uma peça, baseando-se no material, nos pontos de apoio, e nas cargas. Materiais diferentes falham em níveis diferentes de tensão. O COSMOSXpress® usa a análise estática linear, baseada no método de elementos finitos, para calcular tensões.

O método de elementos finitos (*Finite Element Method - FEM*) é uma técnica numérica para analisar projetos, conforme mostrado na figura 4.59.

Os elementos compartilham pontos comuns chamados nós, e a estes estão associados graus de liberdade (*degrees of freedom - DOFs*).

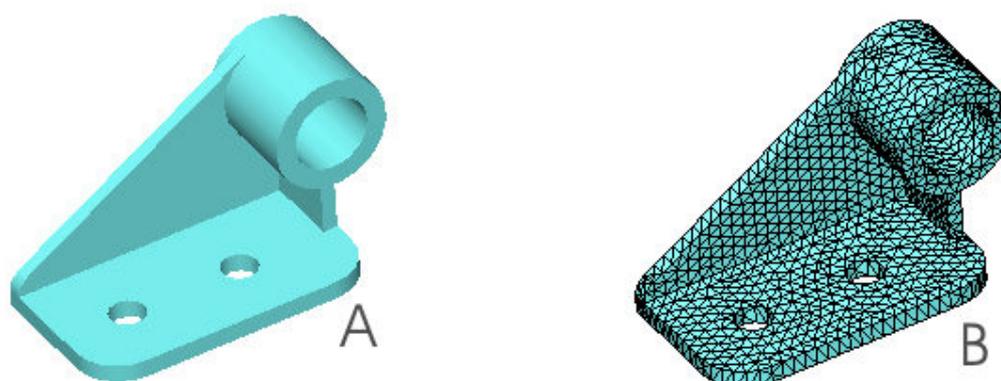


Figura 4.59 – Modelo projetado em CAD (A) e Modelo subdividido em elementos (B)

O programa utilizado formula as equações que governam o comportamento de cada elemento e considera a conexão com outros elementos. Estas equações relacionam os deslocamentos às propriedades, aos apoios, e às cargas aplicadas. Em seguida, o programa organiza as equações em um conjunto de equações algébricas simultâneas. O resultado é a determinação dos deslocamentos nos sentidos de X, de Y, e de Z em cada nó. Usando os deslocamentos, o programa determina as deformações, permitindo calcular as tensões.

O relatório gerado pelo programa utilizado relacionando as variáveis utilizadas para a determinação dos pontos críticos dos componentes onde são relacionadas as forças com seus respectivos sentidos e direções, os materiais, os pontos de aplicação das forças e os pontos de apoio está apresentado no Apêndice B deste trabalho.

4.10 Considerações Sobre o Projeto Conceitual

Conforme visto no decorrer deste capítulo, o projeto conceitual é responsável pela determinação da configuração geral do produto, considerando as variáveis determinadas e quantificadas no capítulo anterior, o projeto informacional. Através do estabelecimento de critérios mensuráveis e da conversão destes em alternativas viáveis e exeqüíveis de solução.

A eficiência do método se mostra mais explícita nesta fase onde os resultados se tornam visíveis, demonstrando o fluxo lógico iniciado nas fases anteriores e observando que as soluções selecionadas atendem os requisitos de projeto e as necessidades listadas.

As dificuldades encontradas nesta etapa se apresentaram de maneira mais clara em função da falta de familiaridade da equipe de projeto com as regras e a formalização do processo mental exigido pelo método. O bloqueio cultural causado pela informalidade que permeia os processos intelectuais e o processo mental voltado para o desenvolvimento de soluções técnicas muitas vezes tende a alguns vícios e práticas que fogem do processo previsto no método, exigindo uma disciplina pessoal e do grupo para seguir de maneira correta as orientações do método.

A metodologia ou conjunto de métodos e práticas orienta para um processo que torna as decisões mais simplificadas e oferece uma certa isenção e impessoalidade aos membros da equipe nas etapas de tomada de decisão. Entretanto, a subjetividade, algo inerente do ser humano, necessita de uma formalização que muitas vezes torna o processo cansativo e moroso.

A flexibilidade do método e a inserção de novas tecnologias auxiliares, proporciona uma ampliação considerável das possibilidades dentro do projeto conceitual. As ferramentas computacionais de apoio ao processo de projeto, incluindo os programas de computador voltados para a integração das fases do PDP e a ferramentas de CAD e CAE,

principalmente os de modelamento tridimensional, permitem a equipe de projeto uma integração tal que a engenharia simultânea se torna uma realidade cada vez mais usual dentro do processo do projeto.

Neste projeto especificamente, que possui características únicas de pesquisa e desenvolvimento de protótipo para teste e validação do conceito, as variáveis de DFM ou DFA (abreviações dos termos de língua inglesa para projeto para manufatura e projeto para montagem) não foram considerados como determinísticos na etapa conceitual pois o objetivo era fabricar um protótipo para testes do conceito.

Entretanto, como citado, as ferramentas computacionais auxiliares permitem prever os processos e os materiais envolvidos oferecendo uma maior otimização do uso de material e conseqüente redução dos custos, dos processos e do re-trabalho nas etapas seguintes.

A visualização dos conceitos dos DFXs é em muito auxiliada pela integração dos componentes de inserção de *features* e esquemas de montagem e simulação das propriedades dos materiais e condições de uso, permitindo uma maior eficiência e eficácia do processo do projeto do ponto de vista da equipe de projeto, reduzindo tempo, custos e os riscos inerentes ao processo de conversão do projeto em um produto.

O avanço dessas tecnologias deslocou a importância e o tempo despendido na próxima fase do projeto, o projeto detalhado, que tem por objetivo determinar as variáveis técnicas e determinar o detalhamento de componentes e do processo para a fase conceitual, tornando a próxima etapa mais simples e rápida.

CAPÍTULO 5

5 PROJETO DETALHADO E FABRICAÇÃO DO PROTÓTIPO

5.1 Introdução

O objetivo do projeto detalhado (figura 5.1) é dar prosseguimento à fase anterior, o projeto conceitual, desenvolvendo e finalizando todas as especificações do produto, visando encaminhar as informações necessárias para a manufatura e outras fases do desenvolvimento.

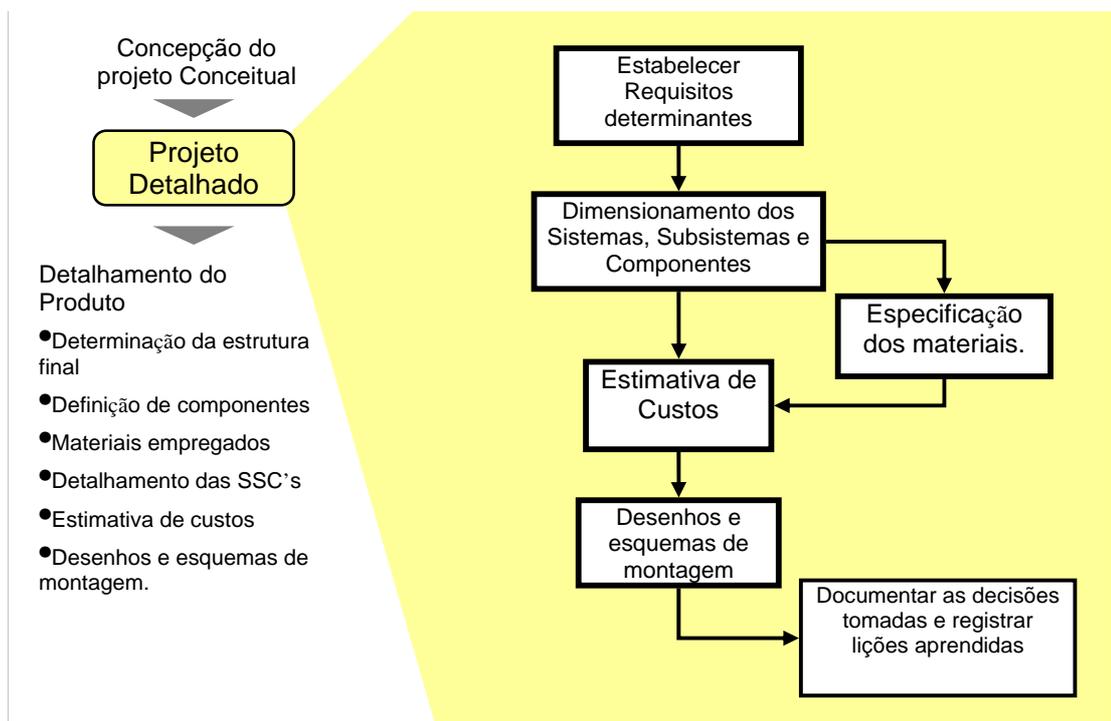


Figura 5.1 – Modelo de seqüência das fases do Projeto Detalhado. Adaptado de Forcellini et al, (2005)

No caso deste projeto, cujo objetivo era desenvolver um protótipo para testar a viabilidade e funcionalidade do conceito gerado no capítulo anterior, alguns passos do projeto detalhado não serão considerados, uma vez que este define parâmetros para a configuração do sistema de manufatura.

Do ponto de vista do desenvolvimento de um protótipo a forma obtida na concepção escolhida tem por meta testar o novo conceito, otimizando o material e as interfaces de ajuste e regulação para efetuar os testes. Desse modo, variáveis como a durabilidade, acabamento, estética entre outras variáveis que devem ser consideradas em um produto comercial, foram suprimidas.

O projeto preliminar ainda é usado por alguns autores como Pahl e Beitz (1996) que determinam que esta fase fornece uma visão mais concreta da especificação do produto, desenvolvendo-o com critérios técnicos e econômicos, utilizando ainda informações adicionais.

Ainda segundo esses autores, o nível de detalhamento a ser alcançado no projeto preliminar deve incluir o estabelecimento do leiaute definitivo do produto, estabelecimento dos materiais, definição das formas gerais dos componentes e procedimentos de produção, estabelecendo soluções para qualquer função auxiliar.

As concepções podem ser modeladas e simuladas virtualmente com grande precisão visando otimizar o conceito proposto reduzindo o intervalo de tomada de decisões. Através do uso de biblioteca de componentes, é possível alterar as especificações e gerar novas concepções secundárias, aproveitando a estrutura geral definida pelos critérios do projeto conceitual.

Considerando que este projeto não tem comprometimento comercial e não visa uma produção seriada do produto e sim a confecção de um protótipo, não se faz necessária então uma etapa formal de projeto preliminar.

5.2 Estabelecimento dos requisitos determinantes

Na fase anterior do projeto, o Projeto Conceitual, informações precisas sobre dimensões e materiais foram consideradas dispensáveis. Analisando-se as especificações do projeto, foram identificados os requisitos determinantes.

Conforme explicitado nos capítulo 2 deste trabalho, este equipamento será desenvolvido para o sistema de cultivo tipo espinhel ou *Long Line*. Será considerado também, para efeito de testes do protótipo, a utilização da lanterna padrão, ou seja, a mais comumente utilizada nos cultivos, a lanterna de 5 andares (figura 5.2).

As dimensões da lanterna são um dos requisitos determinantes mais importantes para a definição do tamanho e do leiaute do protótipo. Elas serão responsáveis por grande parte das características dos portadores de efeito físico, onde o procedimento para determinação de algumas destas características serão descritos. As dimensões médias das lanternas utilizadas nos cultivos, bem como as dimensões referentes ao espaçamento entre lanternas e posicionamento de bóias, estão descritas no Quadro 5.1.



Figura 5.2 – Lanterna de 5 andares usada nos cultivos em Santa Catarina

Quadro 5.1 – Especificações das dimensões das estruturas de cultivo (lanternas) e do sistema de cultivo tipo espinhel. Fonte: (SANTANA, 2005).

Tipo do requisito	Requisitos determinantes
Sistema de cultivo	Distância média entre Lanternas: 1500 mm Distância entre bóias do espinhel: 1500 mm Distância entre espinhel e linha d'água: 300 mm Diâmetro do cabo do espinhel: 30 mm
Lanterna	Dimensões da lanterna: Ø 430 x 1000 mm Número de andares: 5 Distância entre as bandejas: 150 mm Distância do cone superior: 400 mm Comprimento da corda: 760 mm

5.3 Dimensionamento dos subsistemas e componentes do protótipo

De acordo com Reis (2003), um protótipo é uma aproximação do produto ao longo de uma ou mais dimensões de interesse. Alguns autores classificam protótipo de acordo com os objetivos que se buscam com a construção do mesmo. Segundo Reis (2003), quanto ao grau de realização física, há o protótipo físico, ou seja, artefato tangível criado para se aproximarem das características do produto, e o protótipo analítico, que representa o produto de forma não tangível, muitas vezes matematicamente.

Quanto ao grau de abrangência, há o protótipo compreensivo que representa todas as características que melhor correspondem à concepção escolhida e o protótipo focado, que representa apenas um, ou poucos atributos do produto. Visando testar o conceito proposto, optou-se pela construção de um protótipo físico-compreensivo capaz de efetuar todas as atividades de manejo. Para o desenvolvimento deste protótipo, vale a pena lembrar, foram usados materiais diferentes dos que deveriam ser utilizados em um produto a ser usado intensivamente. Estas modificações de materiais e de concepções visavam a redução de custos e reduzir o tempo de construção.

Para construir o protótipo, mais uma vez o uso dos programas de computador de CAD foram importantes no processo, pois graças à facilidade com que os modelos tridimensionais podem ser convertidos em desenhos técnicos, permitindo a demonstração e simulação de detalhes e componentes mais complexos.

As instruções de detalhamento passadas à equipe de projeto responsável pela construção do protótipo eram passadas de maneira rápida, simplificada e precisa.

Durante a etapa do projeto conceitual, nas etapas de refinamento das concepções, a experiência dos membros da equipe de fabricação foi considerada na escolha do tipo de material em conjunto com os especialistas de fabricação de protótipo, tornando a escolha dos materiais como perfis, tubos e chapas metálicas mais eficientes.

Este processo reduziu custos e desperdícios já que estas matérias primas geralmente são comercializadas em dimensões padronizadas como por exemplo, no caso dos tubos, em varas de 3 ou 6 metros de comprimento. Desta forma a equipe pode alterar algumas dimensões de maneira que houvesse o máximo de aproveitamento do material.

O detalhamento dos materiais e suas geometrias foram colocados neste capítulo após a análise estrutural, que permitiu otimizar o uso destes, reduzindo custos e desperdício.

Dentre alguns métodos pesquisados na literatura para a obtenção das variantes de concepção (PAHL e BEITZ, 1996; REIS, 2003; MENEGATTI, 2004), foram empregados *cálculos aproximados baseados em suposições simplificadoras* e *desenhos em escala simplificados* de possíveis leiautes, formas, requisitos espaciais, compatibilidade entre funções etc.

Estas definições, porém não prevêm a utilização de ferramentas computacionais poderosas que se tornaram de fácil acesso como os programas de CAD / CAM de modelamento tridimensional como o SolidWorks® que contém módulos de análise estrutural de elementos finitos que permitem simular e determinar pontos de fadiga, limites de resistência, etc.

Essas características permitiram alterações de forma simples da configuração de leiautes, formas, especificações do material, entre outras variáveis ambientais permitindo simulações precisas, possibilitando redução de material, otimização da geometria e

maximização da resistência estrutural além da simulação da seqüência de montagem e interfaces entre os componentes.

Ferreira (1997) sugere que as concepções sejam desenvolvidas “ao ponto onde o meio para realizar cada função principal tenha sido fixado, assim como os relacionamentos espaciais e estruturais dos principais componentes”.

O projeto dos componentes via CAD de modelamento tridimensional pode ser suficientemente detalhado em relação a *features* ou componentes especiais, mas não necessita ir a muitos detalhes com relação à prática estabelecida”.

Para atingir o nível de desenvolvimento ideal para as concepções, Ferreira (1997) estabeleceu os seguintes critérios:

- Definição das formas dos seus elementos. Deve-se buscar a definição de perfis aproximados da estrutura do sistema e formas aproximadas de componentes como parafusos, cubos, entre outros.

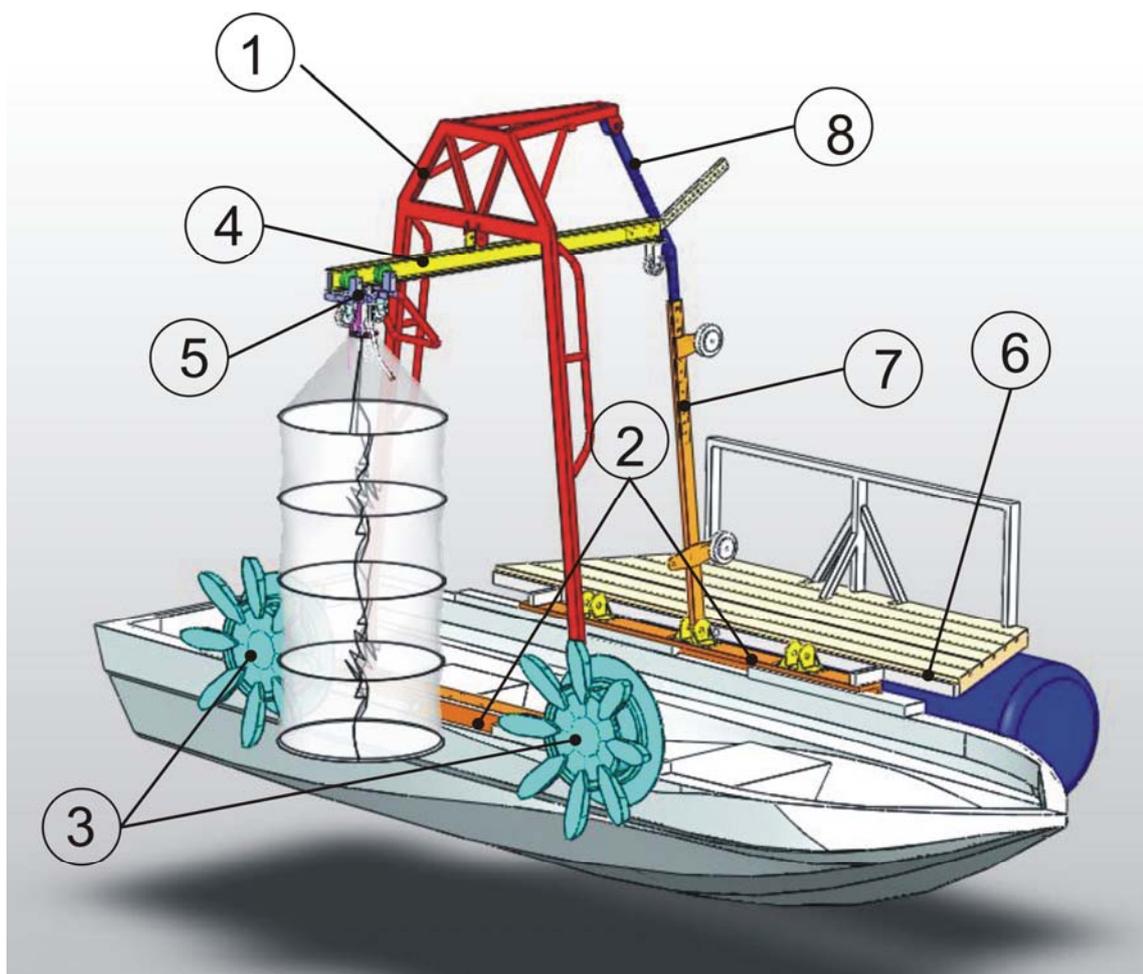
- Definição dos arranjos dos seus elementos. Explicitar a configuração dos conjuntos presentes no sistema.

- Definição das classes de materiais utilizados nos elementos. Indicar o tipo de material que o sistema será construído, sem necessidade de especificá-lo.

- Dimensionamento preliminar (matemático ou intuitivo) dos principais elementos. Devem-se buscar as dimensões mais significativas. Outras dimensões devem ser estimadas e outras, com menores implicações, devem ser deixadas para o projeto preliminar.

Todos os itens acima citados puderam ser mais bem avaliados utilizando as ferramentas de CAD agilizando em muito o trabalho. As ferramentas de análise estrutural possibilitaram um avanço significativo nessa etapa do trabalho. O dimensionamento das partes do conjunto foi otimizado a partir da análise estrutural, possibilitando a utilização de componentes menores, menor quantidade de material, espessuras menores e componentes dimensionados adequadamente para a solicitação.

A configuração final do projeto do protótipo permitiu medir muitas variáveis estipuladas a partir da simulação computacional do modelo (figuras 5.3 a 5.7). Com a configuração final contendo todos os subsistemas agregados, é possível determinar as interfaces de fixação, movimento relativo, materiais e demais elementos.



Legenda da figura 5.3 – Subsistemas

1	Estrutura de suporte elevada
2	Subsistema de apoio e união componentes/embarcação
3	Rodas estrela
4	Viga I
5	Trole
6	Plataforma de estabilização
7	Haste de suporte
8	Haste de regulação

Figura 5.3 – Concepção do sistema completo do equipamento.

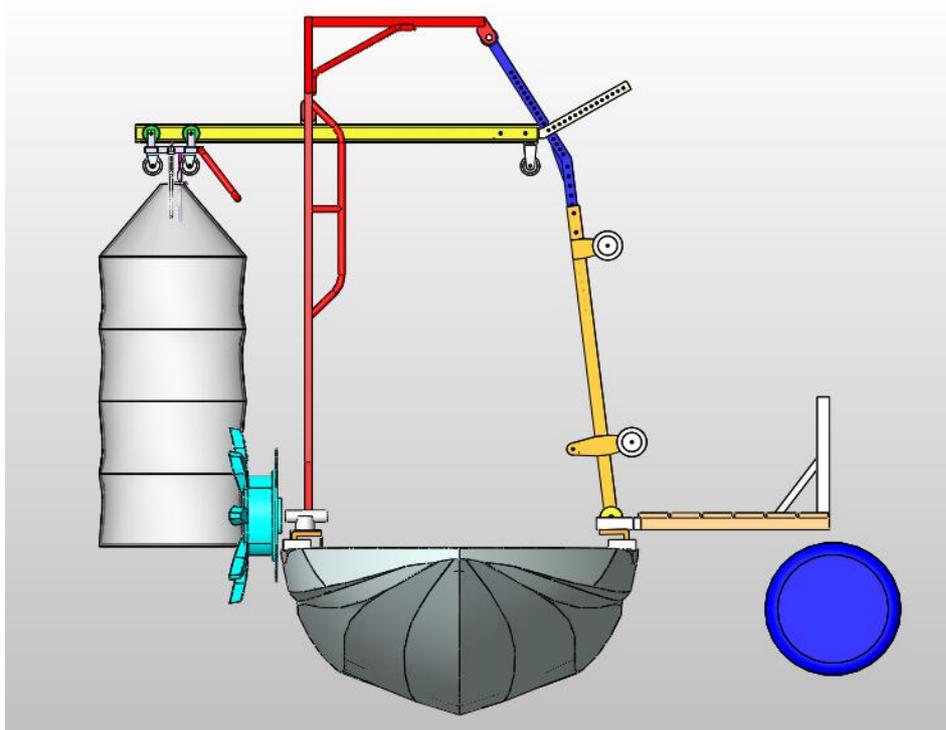


Figura 5.4 – Vista frontal do conjunto.

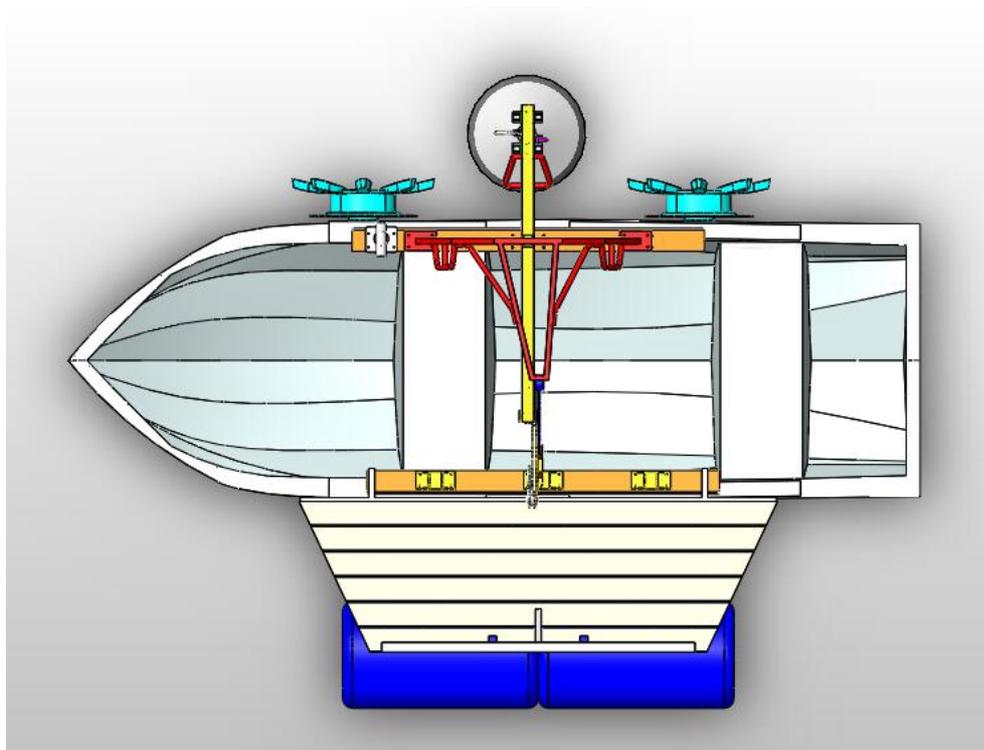


Figura 5.5 – Vista superior do conjunto com detalhe para a área ampliada pelo conjunto de estabilização.

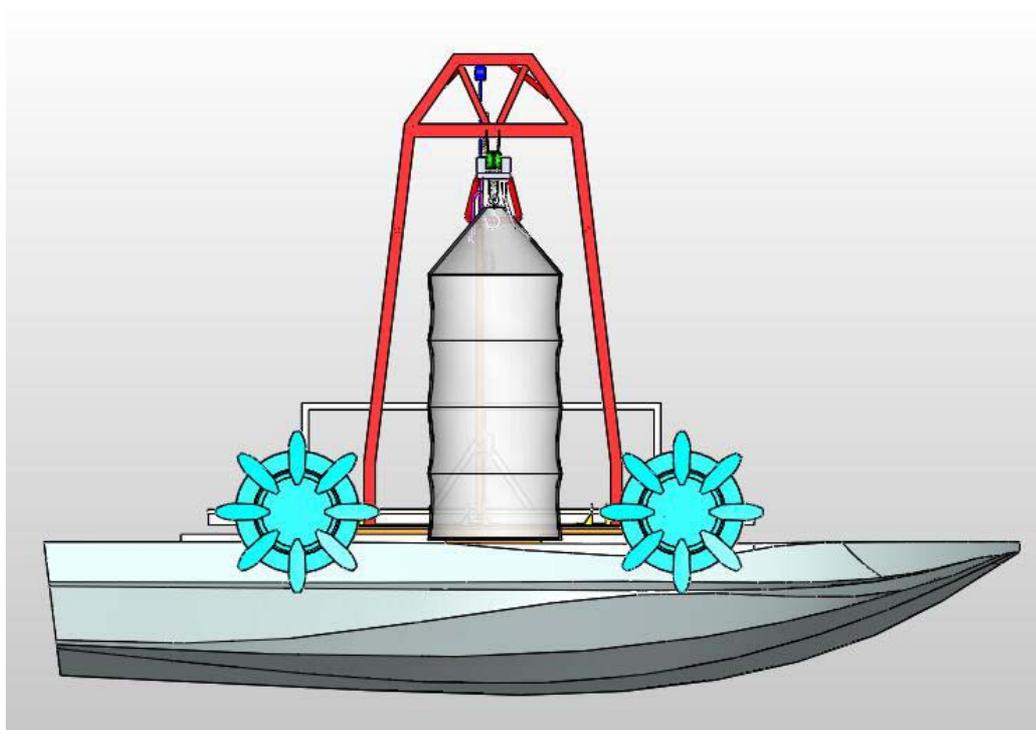


Figura 5.6 – Vista lateral com a presença das rodas estrela de apoio e fixação do espinhel.

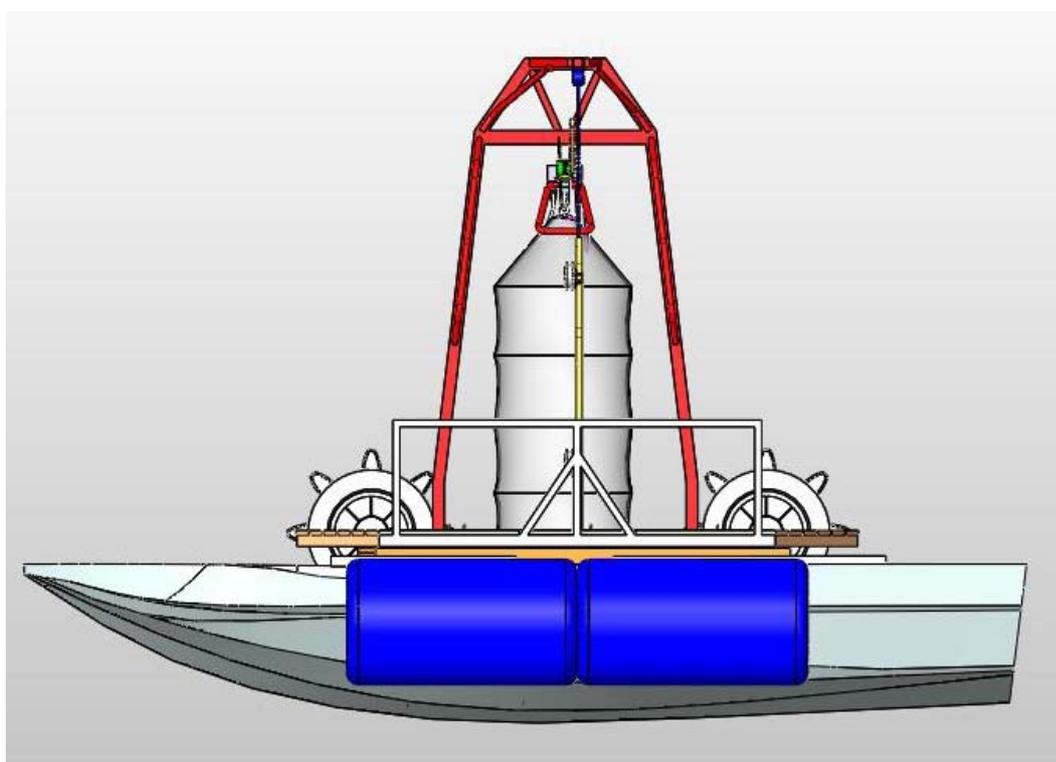


Figura 5.7 – Vista lateral do conjunto de estabilização.

A construção do protótipo se deu através do uso dos desenhos obtidos através deste detalhamento, permitindo a construção de gabaritos e otimização da aquisição dos materiais junto aos fornecedores. Estes desenhos estão apresentados e podem ser melhor visualizados no Apêndice C deste trabalho.

Para analisar as combinações de maneira mais eficiente, foi necessário dividir os subsistemas de modo a justificar sua escolha e especificar e estabelecer parâmetros críticos para o funcionamento do sistema geral.

5.3.1 Estrutura de suporte elevada

Buscou-se a utilização de um mesmo tipo de perfil metálico para a confecção deste protótipo visando redução de custos.

Material:	Tubo de aço de perfil retangular galvanizado nas dimensões 30 x 50 x 1,5 mm. Foi adicionado no final um revestimento de zinco para proteção durante os testes do protótipo.
Quantidade:	Foram utilizadas para esta peça 2 tubos de 6 metros com aproveitamento máximo do material.
Processos:	Para a fabricação deste protótipo, foram utilizados processos de corte com disco abrasivo, solda tipo MIG e esmerilhamento de acabamento utilizando ferramentas simples de serralheria.

A fabricação desta parte foi feita de maneira simplificada, pois não exigiu nenhum processo complexo de fabricação ou montagem, foi realizada em uma oficina de serralheria com a supervisão de um técnico responsável pela construção pertencente à equipe de projeto.

O uso de desenhos técnicos precisos e a utilização de gabaritos para assegurar a precisão no momento da fabricação proporcionaram agilidade e qualidade com o mínimo de re-trabalho na confecção desta parte.

Após o dimensionamento inicial no final do projeto conceitual, que incluiu análise estrutural, detectou-se a importância de adicionar um reforço que aumentasse a resistência a flexão da estrutura e ao mesmo tempo permitisse ao usuário uma pega mais eficiente e segura para se apoiar durante o manejo. Este reforço pode ser mais bem visualizado nas (figuras 5.8 e 5.9).

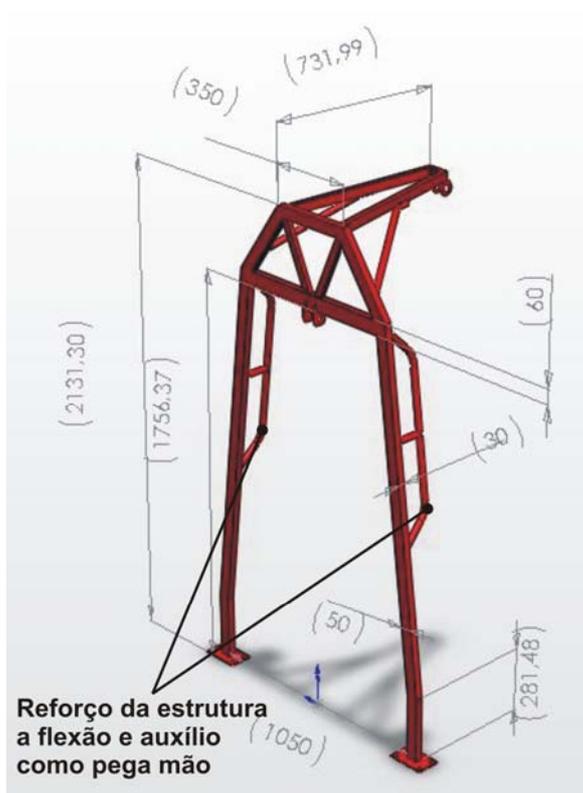


Figura 5.8 – Perspectiva da estrutura do subsistema mostrando as dimensões gerais.



Figura 5.9 – Protótipo montado com destaque para a estrutura de suporte elevada.

5.3.2 Subsistema de apoio e união componentes/embarcação

Visando a redução de peso e a facilidade de adaptação a embarcações diferentes, a peça foi projetada para ser fabricada em madeira de lei para resistir aos esforços submetidos e às intempéries, além de possuir baixo peso.

Material:	4 Pranchas de madeira de lei (Angelim pedra), duas pranchas por unidade, unidas por pregos e cola para madeira para efeito de testes do protótipo.
Quantidade:	Foram utilizadas para esta peça 4 pranchas de 1800 x 220 x 20 mm, sendo construídas duas peças, uma para cada bordo da embarcação.
Processos:	Conforme visto nas imagens 5.10 e 5.11, houve uma diferença no recorte da peça projetada e da peça construída para redução de custos. O corte das pranchas de madeira foi feito com serra circular. Após cortadas, as pranchas foram unidas por pregos de \varnothing 1,0 mm e cola para madeira. Proporcionando resistência adequada para os testes

O uso da madeira se apresentou eficiente, de baixo custo e prático pois permitiu adaptar facilmente nas embarcações utilizadas para testes através de parafusos, neste caso, barras rosçadas cortadas de acordo com a embarcação testada. O uso destas barras

possibilitou a determinação dos parafusos necessários para a fixação final do conjunto. Esta peça teve uma função muito importante no projeto por facilitar a instalação do equipamento em diferentes embarcações de maneira simplificada e de baixo custo. Esta peça permitiu ainda, facilitar o alinhamento dos componentes com pequenos ajustes e usando ferramentas simples.

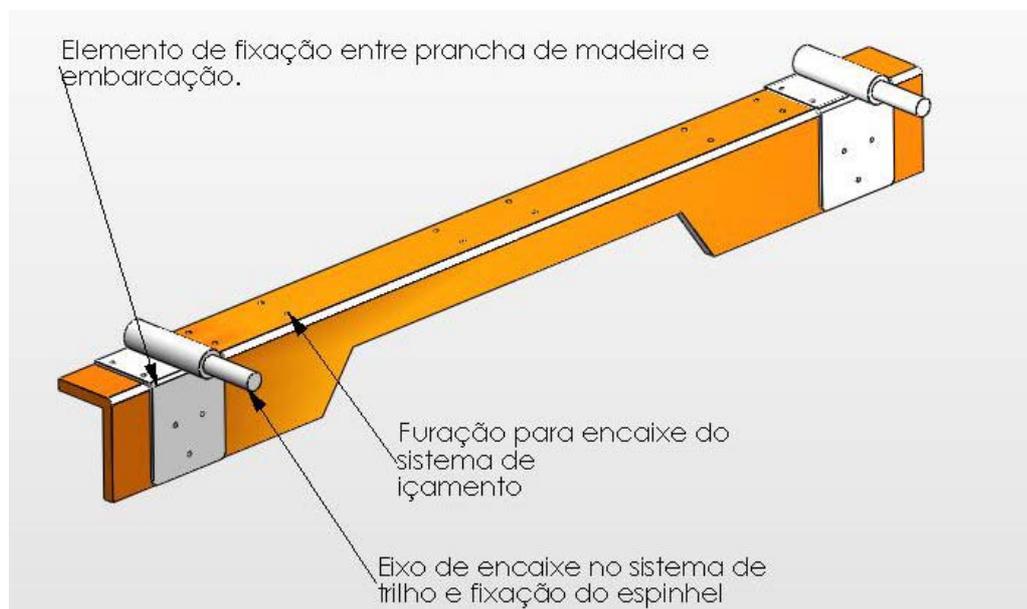


Figura 5.10 – Projeto da peça em CAD



Figura 5.11 – Imagem do protótipo fixado em uma embarcação com os sistemas de fixação e trilhamento.

5.3.3 Roda estrela

Assim como os demais componentes desse projeto, a roda estrelada foi confeccionada em material de baixa resistência à corrosão por motivos de custo, uma vez

que adaptou-se para o protótipo duas rodas de carrinho de mão disponíveis no mercado. O projeto proposto previa a fabricação deste subsistema em aço inox, porém, foram produzidos adaptando partes de roda de carrinho de mão encontradas no mercado com sistema de rolamento cilíndrico embutido para simplificar o conjunto e aproximar o resultado do objetivo final dos testes, validar o conceito.

Material:	Suporte do Eixo – Chapa de aço de 6,0 mm de espessura com um tarugo torneado de 25,4 mm de diâmetro soldado a esta chapa utilizando solda MIG. Roda Estrelada – Base em roda de carrinho de mão, encontrada no mercado com rolamento lubrificado para eixo, produzida em chapa de aço estampado tendo 8 dentes de barra redonda de Ø 6,5 mm soltados à extremidade. O uso da barra visava reduzir peso e simplificar o processo de fabricação.
Quantidade:	Foram utilizadas 2 rodas de carrinho de mão e 400 mm de barra rígida de perfil redondo de Ø 6,5 mm de aço 1020 encontradas no mercado.
Processos:	Processo simples de soldagem dos dentes na roda com soldas tipo MIG usando gabaritos de uniformização.

O objetivo destas rodas estreladas é permitir a passagem do cabo do espinhel pelo sulco central das mesmas, enquanto os cabos de suporte das lanternas e bóias passam pelos vãos entre os dentes e se deslocam para a parte externa (figura 5.12).



Figura 5.12 – Imagem do protótipo fixado em uma embarcação com os sistemas de fixação e trilhamento.

Um detalhe importante que pode ser observado na figura 5.11 é a presença de duas hastes de barra de perfil circular partindo do centro do eixo das rodas e fixadas na

prancha de madeira. Estas peças foram fabricadas durante os testes e não haviam sido previstas no projeto inicialmente. Estas hastes guiam ou conduzem o cabo das lanternas de maneira mais eficiente para a lateral externa das rodas, facilitando ainda mais o processo de passagem para a próxima lanterna de cultivo.

5.3.4 Viga I

O uso de um perfil tipo I como viga de suporte e trilho ao mesmo tempo gerou controvérsias na equipe de projeto em função da concentração de massa na parte superior do conjunto de içamento, deslocando o centro de gravidade ainda mais para a parte superior do conjunto, prejudicando com isso a estabilidade da embarcação.

Pelas estimativas levantadas no projeto conceitual, a viga teria aproximadamente 13 kg, representando aproximadamente 40% da massa total da estrutura, entretanto, o perfil atendia a outras variáveis como resistência, uso mínimo de material e redução de processos de fabricação e montagem. Para a fase de protótipo, o uso desta geometria se mostrou vantajosa tanto pelo ponto de vista de custo quanto para teste do conceito.

Foi considerado o uso de diferentes perfis para a mesma função, entretanto, pela necessidade de processos posteriores de solda e possibilidades de irregularidades que influenciassem negativamente o deslocamento do trole, optou-se pelo uso deste perfil.

Material:	Vigas com seção transversal em forma de "I". Produzidas com aço de baixo teor de carbono, de acordo com a norma ASTM ⁵ A36 segundo informações do fornecedor. São utilizados principalmente em estruturas metálicas, máquinas e implementos agrícolas, equipamentos de transporte e chassis de ônibus e caminhões.
Quantidade:	Foi utilizado o perfil tipo I de 76,2 x 59,2 mm tendo 4,32 mm de espessura de alma no comprimento de 1630 mm tendo sido adquirido o comprimento mínimo comercializado, um barra de 3 metros.
Processos:	Para a fabricação deste protótipo, foram utilizados processos de corte com disco abrasivo, solda tipo MIG e esmerilhamento de acabamento utilizando ferramentas simples de serralheria além de furos com furadeira de bancada.

⁵ ASTM: *American Society for Testing and Materials* – Especificação obtida com o fornecedor do material em: <http://www.gerdau.com.br/port/produtoseseservicos/catalogo.asp#> - acesso em 10/06/2005

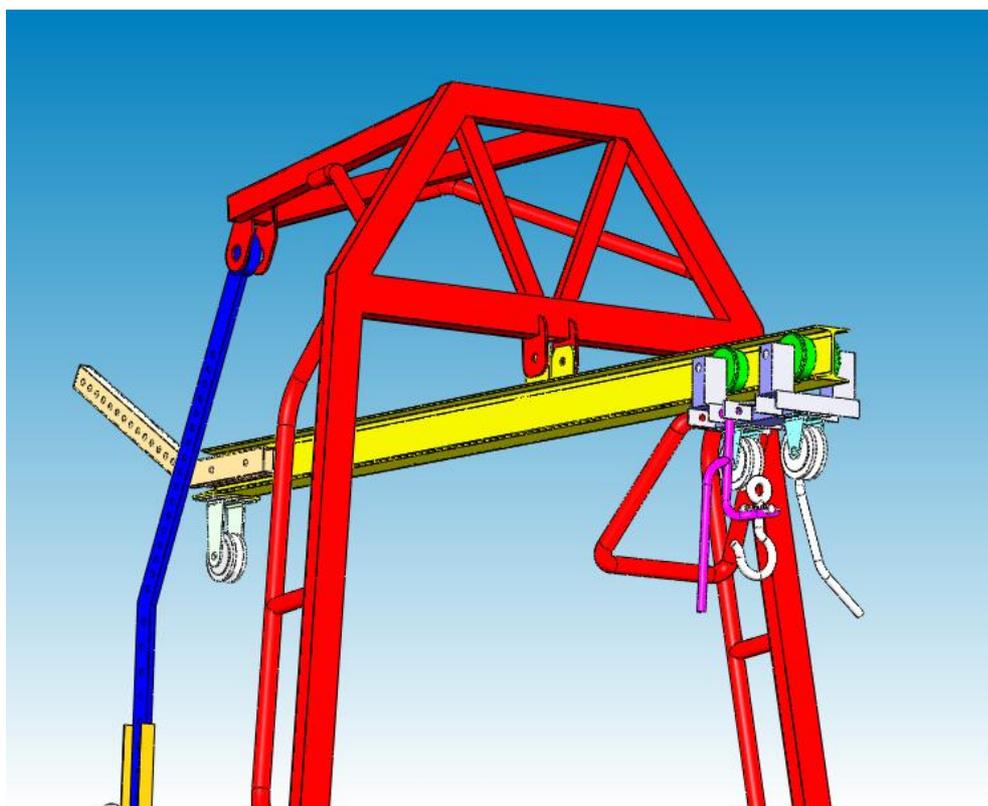


Figura 5.13 – Projeto da aplicação e montagem da viga I no conjunto, servindo de suporte e trilho para o deslocamento do trole.



Figura 5.14 – Imagem do protótipo montado com os demais subsistemas do equipamento.

5.3.5 Trole

O trole foi o subsistema que demandou maior tempo e detalhamento de seus componentes em função de sua complexidade e necessidade de confiabilidade em relação ao conjunto. Este subconjunto congrega varias funções e seu funcionamento adequado garante a eficiência do conceito proposto.

Material:	Estrutura do trole - Barras com seção transversal em forma de "U". São produzidas com aço de baixo teor de carbono, de acordo com a norma ASTM A36. Empregados principalmente em estruturas metálicas, grades e portões, esquadrias, corrimão de escadas, implementos agrícolas e rodoviários. Foi utilizado também tubo retangular de 30 x 40 x 1,5 mm e barras chata de 30 x 2,5 mm Roldanas e rodas – Nylon 6 Eixo das rodas – Eixo de aço usado em portões (torneado com rebaixo para colocação da roda.)
Quantidade:	Barra "U" 50,8 X 25,4 X2mm – aproximadamente 600 mm Tubo retangular 30 x 40 mm – 300 mm – 4 torres de 70 mm de altura Barra chata 30 x 2,5 mm – 200 mm Tarugo de Nylon 6 – Ø 80 mm - 200 mm – 4 rodas de Ø 60 x 30 mm e 2 roldanas de Ø 75 x 30 mm Eixo de aço – 4 unidades
Processos:	Para a fabricação da estrutura do trole, foram utilizados processos de corte com disco abrasivo, solda tipo MIG e esmerilhamento, furos em bancada, acabamento utilizando ferramentas simples de serralheria. Para as rodas e polias, foi usado um torno para efetuar rebaiços, dar conicidade às rodas e prover cavidades às polias.

Os sistemas de engate do trole na viga foram projetados para evitar o movimento relativo do trole no momento de aplicação da força no momento do içamento. Esse mecanismo permite uma automação no processo através de um processo simples de engate e para o protótipo foi adotado um sistema de destravamento manual para teste do conceito.

Para os testes do protótipo, o sistema proposto previu a utilização de um cadernal ou moitão para reduzir ainda mais o esforço do usuário no momento do içamento. Desta forma, utilizou-se um moitão comercial de um gorne com 450 kg de capacidade de carga amarrado ao conjunto visto nas figuras 5.15 e 5.16.



Figura 5.15 – Moitão de 450 kg de capacidade de carga.



Figura 5.16 – Vista frontal do moitão ou cadernal com um gorne.

5.3.6 Plataforma de estabilização

A plataforma é uma parte fundamental para o bom funcionamento do sistema. Além de permitir o uso do sistema, proporciona um aumento da área de trabalho principalmente em embarcações de pequeno porte. Esta estrutura atua tanto como contrapeso quanto como flutuador, aumentando a capacidade de estabilizar a embarcação. Foi fabricada com o mesmo material da estrutura de suporte elevado e utilizou tanques plásticos como flutuadores e ao mesmo tempo como contra peso. Neste protótipo não foi adicionado o piso em madeira previsto em projeto para esta estrutura, visando a redução de custos e por não ser necessário aos testes realizados.

Material:	Tubo de aço de perfil retangular galvanizado nas dimensões 30 x 50 x 1,5 mm. Foi adicionado no final um revestimento de zinco para proteção durante os testes do protótipo. Tanques de polietileno de alta densidade
Quantidade:	Foram utilizadas para esta peça 1 tubo de 6 metros com aproveitamento máximo do material e reaproveitamento de partes do material adquirido para a fabricação da estrutura de suporte elevado. 2 tanques de PEAD de 100 litros cada cedidos pelo LMM para realização dos testes.
Processos:	Para a fabricação deste protótipo, foram utilizados processos de corte com disco abrasivo, solda tipo MIG e esmerilhamento de acabamento utilizando ferramentas simples de serralheria.

A montagem da plataforma de estabilização utilizou as interfaces de fixação para união com a embarcação. A configuração trapezoidal treliçada da plataforma ofereceu resistência com redução de peso (figura 5.17), proporcionando o distanciamento necessário para o conjunto de estabilização e aumentando a área útil externa do

conjunto. Esta solução se apresentou muito eficiente, principalmente em embarcações pequenas, por sua simplicidade e resultados (figura 5.18).

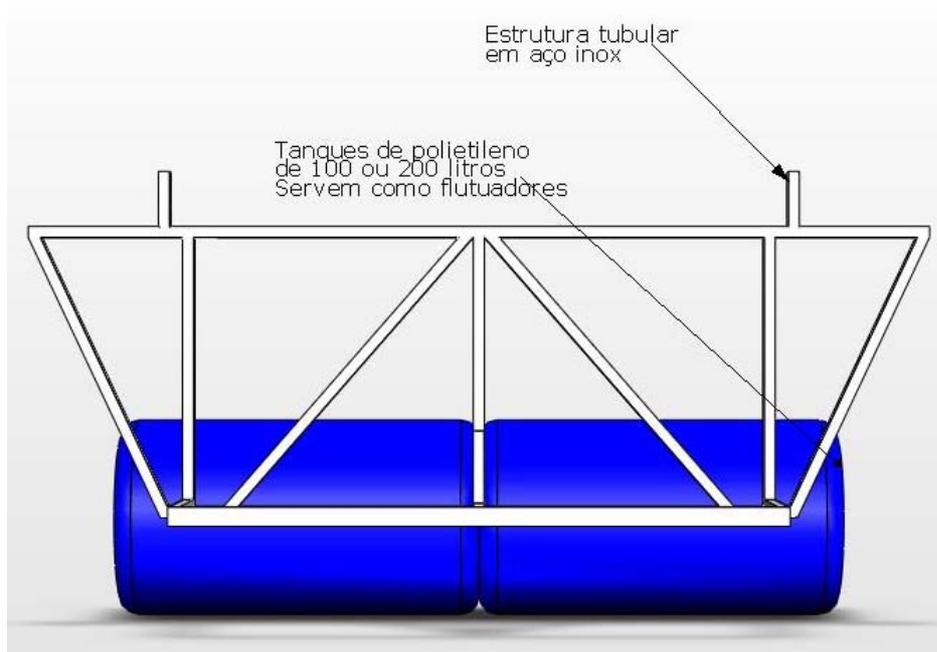


Figura 5.17 – Vista superior do projeto.



Figura 5.18 - Conjunto montado em embarcação de pequeno porte.

5.3.7 Hastes de suporte e regulagem

As hastes no protótipo são fundamentais para permitir o ajuste do equipamento a diferentes larguras de boca das embarcações. As hastes foram dimensionadas para permitir o uso em embarcações entre 1200 e 2500 mm de boca.

Para este protótipo foram previstas duas hastes, a haste de suporte que se conecta na prancha de interface que comporta o guincho e as polias de condução do cabo de tração e a haste de regulagem que faz a ligação da haste de suporte ao restante dos conjuntos, permitindo serem deslocadas por pivotamento e interagindo entre si em um mecanismo telescópico.

Os furos de ajuste permitem regular as distâncias horizontais em função do ângulo de inclinação em relação à estrutura de suporte elevada.

Material:	Haste de suporte - Barra com seção transversal em forma de "U" produzidas com aço de baixo teor de carbono, de acordo com a norma ASTM A36. Empregados principalmente em estruturas metálicas, grades e portões, esquadrias, corrimão de escadas, implementos agrícolas e rodoviários. Haste de regulagem - Barra chata de 50 x 3,0 mm
Quantidade:	A barra de perfil "U" 50,8 X 25,4 X 2mm - aprox. 1300 mm A barra chata de 50 x 3,0 mm - aprox. 1400 mm
Processos:	Para a fabricação deste protótipo, foram utilizados processos de corte com disco abrasivo, solda tipo MIG e esmerilhamento de acabamento utilizando ferramentas simples de serralheria e furos feito com furadeira de bancada usando brocas de Ø 8, 10 e 12 mm

O uso destas hastes permitiu uma simplificação considerável do protótipo pois permitiu através do uso de partes simples uma grande possibilidade de ajustes e configurações, permitindo ainda, ajustar a inclinação da viga I que se mostrou bastante eficaz nos testes com o protótipo. A aparente fragilidade e tendência a flexão destas duas partes foi solucionada com o uso de cabos de aço que forneceram a ancoragem necessária para a estabilização do conjunto.

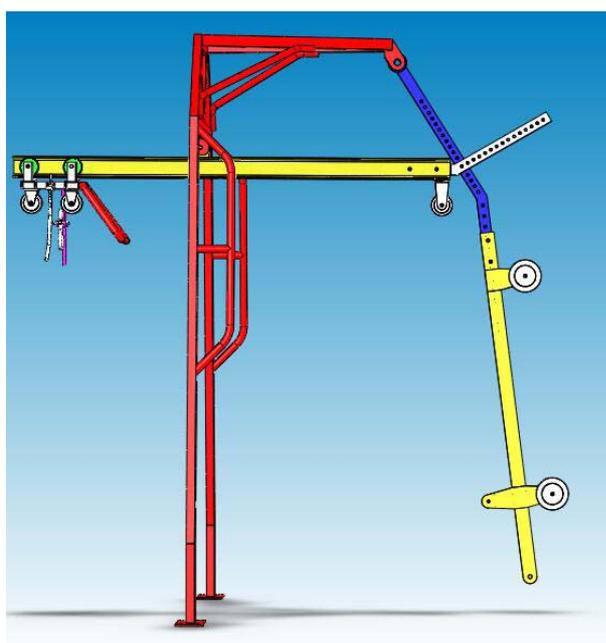


Figura 5.19 - Posição das hastes para embarcações de boca estreita.

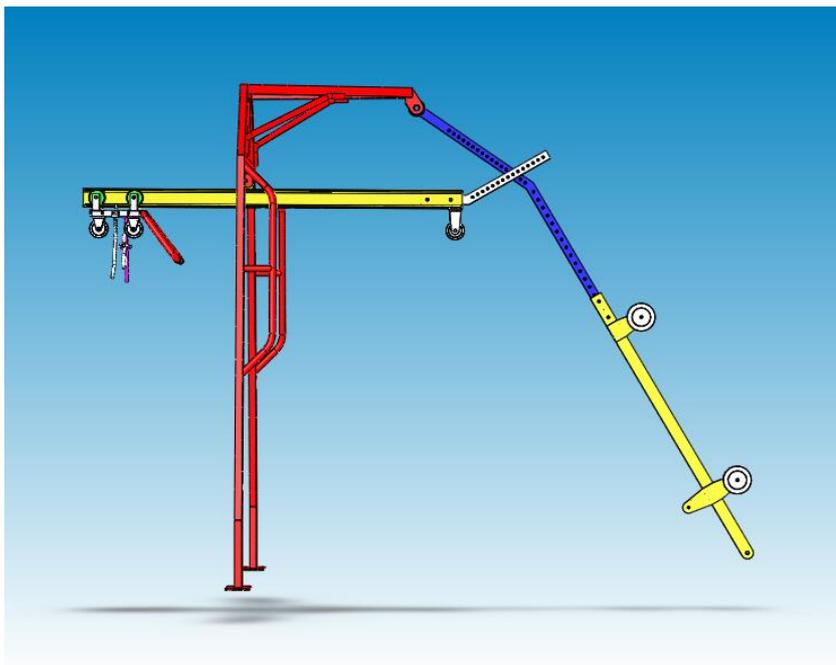


Figura 5.20 – Posição das hastes para embarcações de boca larga.



Figura 5.21 - Conjunto de hastes montado.



Figura 5.22 – Uso das hastes em embarcação de grande porte.

5.3.8 Sistema de tração

Foi utilizado um sistema de tração encontrado no mercado, um guincho manual produzido em chapa de aço zincado, com capacidade para 540 kg e sistema de redução de 3,5:1. Este guincho é utilizado em náutica no reboque de lanchas e barcos de passeio, permitindo a utilização de cabos flexíveis com grandes extensões em seu carretel. Possui

sistema de travamento com catraca que oferece segurança ao usuário (figuras 5.25 e 5.26).



Figura 5.23 – Vista do guincho usado para tração.



Figura 5.24 – Detalhe da posição do guincho em relação à haste de suporte.

5.3.9 Sistema de polias

O conjunto inteiro possui 5 polias fabricadas sob medida em Nylon 6 sendo que duas destas já foram descritas no subsistema trole. As demais, tem função de guiar o cabo de tração entre o guincho e o gancho do trole.

Material:	Nylon 6
Quantidade:	Tarugo de Nylon 6 – Ø 80 mm - 200 mm – 3 roldanas de Ø 75 x 30 mm Tarugo de Nylon 6 – Ø 120 mm - 120 mm – 2 roldanas de Ø 120 x 44 mm
Processos:	Uso de torno com fabricação de ferramenta especialmente conformada para usinar o sulco de passagem do cabo de tração.

5.3.10 Demais componentes

Além dos subsistemas, outros componentes como parafusos, cabos, barras roscadas, porcas, arruelas, pinos, contra-pinos e demais ferragens foram utilizadas na confecção do protótipo, são melhor descritos no quadro 5.2.

Quadro 5.2 – Componentes usados na construção do protótipo

Componente	Quantidade
Parafusos c/ porca e arruela	
Ø M8 – 3,5; 10 e 50 mm	8
Ø M10 – 75; 100 e 120 mm	16
Ø M12 – 80 e 120 mm	6
Rosca soberba Ø 10mm – 120 e 40 mm	22
Cabo de aço revestido – Ø 4,0 mm	10 m
Esticador do cabo de aço	3
Presilhas p/ cabo de aço	16
Barras roscadas – Ø 8,0 - 500 mm	4
Porcas e arruelas	50
Contra-pino Ø 4,0 mm	6
Barra rígida perfil circular Ø 6,0 mm	1 m
Cabo de poliéster Ø 6,0 mm	12 m

5.4 Estimativa de custos do protótipo

O desenvolvimento de um protótipo geralmente possui um custo elevado em relação ao custo de produção de equipamentos em série. Por se tratar de um produto experimental e produzido visando testar um conceito conforme descrito diversas vezes neste trabalho, os custos de depreciação do equipamento, do desenvolvimento tecnológico e demais variáveis intangíveis não foram considerados na composição final.

A especificação dos valores de custo de um protótipo desenvolvido em ambiente acadêmico podem ser melhor monitorados em função do registro das informações obtidas com as notas de pagamento dos materiais adquiridos, entretanto, os custos de homem / hora podem ser somente estimados em função do uso da equipe de projeto como mão de obra executora.

Para isso, estima-se o custo de homem hora em uma oficina de serralheria, onde parte do projeto foi fabricado, estimando em R\$ 35,00 / hora. Incluindo neste, os valores de energia elétrica, material de corte, solda e preparação do acabamento. Para a produção do protótipo deste projeto foram necessárias aproximadamente 40 horas de trabalho, perfazendo um custo de fabricação de R\$ 1.400,00.

Para determinação dos custos finais, é necessário incluir ainda os custos de material, componentes, transporte, acabamento, instalação e testes o que representa somente um levantamento estimado dos valores totais. Estes valores podem ser melhor observados no quadro 5.3.

Quadro 5.3 – Custo total do protótipo

Descrição	Valor R\$
Custo de fabricação	1.400,00
Material	1.174,00
Componentes	243,00
Transporte	230,00
Acabamento (zincagem)	87,00
Instalação	75,00
Custo Total do Protótipo	R\$ 3.209,00

Considerando os custos extras envolvidos na fabricação de um protótipo, o valor final está muito próximo do valor meta do produto de R\$ 3.000,00, a variação de 7% a mais no custo final do protótipo, pode-se considerar que a meta de custos foi alcançada.

5.5 Considerações sobre o projeto detalhado e fabricação do protótipo

As saídas da fase do projeto conceitual, ou seja, a concepção do produto foi de tal forma bem elaborada e bem definida, que simplificaram o processo de detalhamento dos subsistemas e componentes descritos neste capítulo. O uso de ferramentas computacionais de CAD facilitou em muito os procedimentos de definição de geometrias, uso de componentes padronizados, determinação de espessuras e tolerâncias, dimensionamento de furos e demais processos de fabricação, além de prever com precisão o encaixe e realizar simulações de montagem e posicionamento dos componentes.

O uso destas ferramentas, de uma maneira geral, modificou a metodologia de projeto, simplificando fases e possibilitando tomadas de decisão por parte da equipe de projeto em um tempo reduzido.

Os desenhos técnicos gerados após o detalhamento serviram de suporte para a aquisição, fabricação, montagem e instalação das partes nas embarcações disponíveis para os testes. O nível de detalhes de observação das partes projetadas, fornecidas pelos programas de CAD, proporcionou um avanço grande na interação da equipe com profissionais não habituados a leitura e utilização de projetos complexos na fabricação.

Considerando a realidade deste projeto, voltado para uma experimentação acadêmica sem maiores considerações de uso comercial, este projeto seguiu todos os passos descritos na metodologia do PDP, alcançando os objetivos iniciais com grande sucesso e obtendo um protótipo simples, economicamente viável e dentro das especificações do projeto como pode ser mais bem observado no capítulo seguinte deste trabalho.

CAPÍTULO 6

6 TESTES DO PROTÓTIPO E RESULTADOS OBTIDOS

6.1 Introdução aos testes do protótipo

Para validar e comprovar a eficiência do conceito proposto foi necessária a fabricação e teste de um protótipo funcional, conforme descrito no capítulo 5 deste trabalho. Com o objetivo de realizar testes práticos e reais nas condições normais de uso e operação o equipamento foi projetado de forma que atendesse aos requisitos de projeto e que pudesse ser testado segundo critérios definidos para verificar a eficácia e eficiência da proposta.

De acordo com as pesquisas realizadas e em função da listagem de especificações todo o projeto foi orientado para permitir o ajuste nas principais embarcações usadas no manejo de moluscos no litoral catarinense, mais especificamente, no município de Florianópolis (figura 1.7). A princípio, os testes deveriam ser realizados somente em conjunto com o LMM (Laboratório de Moluscos Marinhos) da Universidade Federal de Santa Catarina na região de Sambaqui, ao norte da ilha de Santa Catarina (figura 6.1), mas foram utilizadas também embarcações de produtores privados.

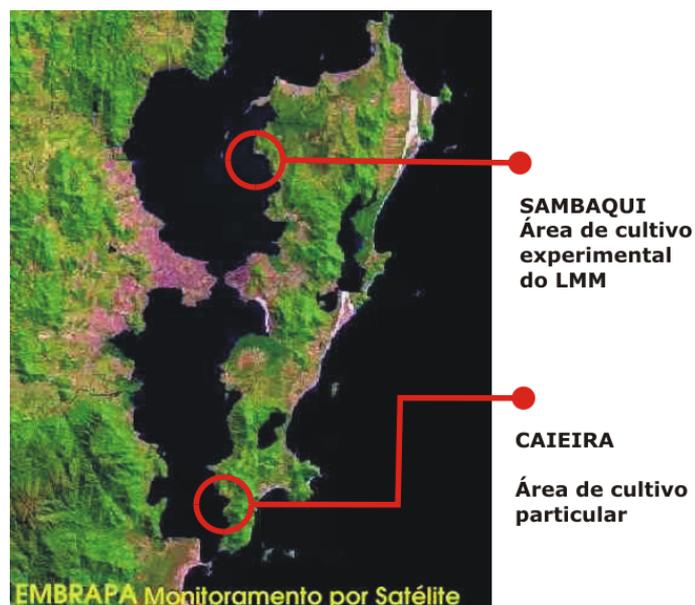


Figura 6.1 – Localização da área de testes na ilha de Santa Catarina – Fonte: Embrapa monitoramento.

6.2 Embarcações usadas nos testes

Conforme descrito anteriormente, os testes foram realizados em 2 tipos de embarcações diferentes sendo assim denominadas: a embarcação A (figura 6.2) e a embarcação B (figura 6.11). Conforme descrito nas fases iniciais do projeto, este equipamento deve se adequar a diversas embarcações encontradas no litoral catarinense, fazendo com que os testes fossem realizados em pelo menos duas embarcações para testar a adaptabilidade do equipamento nos limites dimensionais sugeridos no início deste projeto.

6.2.1 Embarcação A

A embarcação A, usada no teste é a mesma descrita no item 2.6.3 deste trabalho, sendo cedida pelo proprietário para realização dos testes. O projeto foi desenvolvido para embarcações com boca entre 1,0 e 2,5 m. Esta embarcação, porém, possuía 2,8 m de boca.

Apesar de ser uma embarcação considerada muito grande para os padrões da maricultura, seu uso proporcionou o teste da viabilidade de implantação do equipamento em uma embarcação fora das dimensões médias, ratificando ainda mais o conceito proposto.



Figura 6.2 – Embarcação A com o equipamento montado

A adaptação do equipamento ocorreu sem maiores problemas, porém, como a dimensão da boca excedia o limite do mesmo, o ângulo da haste de suporte descrito no item 5.4.7 não proporcionava um posicionamento adequado para o operador, atrapalhando o resultado dos testes.

Para isso, foi projetada uma haste substituta (figura 6.3) para esta embarcação, sendo fabricada com o mesmo material da haste de regulagem projetada inicialmente e

utilizada na embarcação B. A nova haste de regulagem permitiu que a haste de suporte permanecesse em um ângulo favorável ao manejo (figura 6.4). Após o equipamento com todos os subsistemas instalados (figuras 6.5 a 6.10) os testes foram realizados.

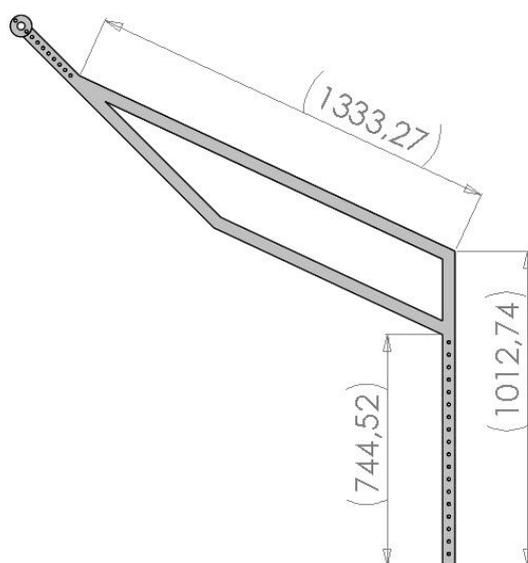


Figura 6.3 - Haste de regulagem projetada para a embarcação A.

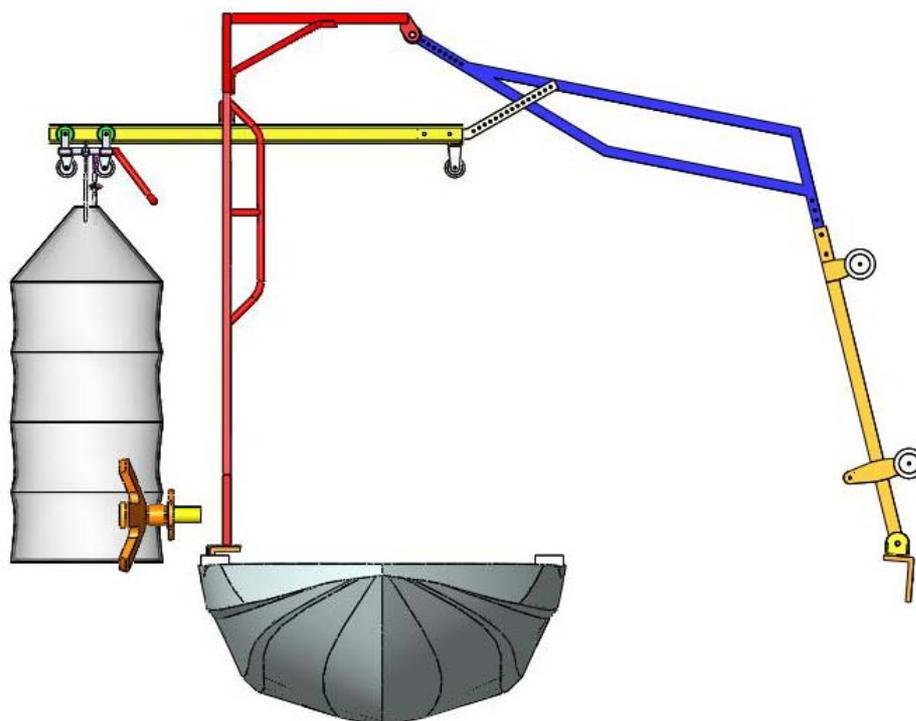


Figura 6.4 - Haste de regulagem projetada para a embarcação A com o equipamento montado para permitir que a haste de suporte permaneça mais vertical.



Figura 6.5 – Detalhe do equipamento montado na embarcação A.



Figura 6.6 – Detalhe da posição dos componentes e do operador na embarcação A.



Figura 6.7 – Montagem do equipamento na embarcação A.



Figura 6.8 – Área de manejo livre.



Figura 6.9 – Equipamento em ação.



Figura 6.10 – Sistema de fixação e trilhamento de espinhel na embarcação A.

6.2.2 Embarcação B

A embarcação B é uma embarcação de fibra de vidro de 4,30 m de comprimento e 1,2 m de boca. Pertence ao LMM e é utilizada no manejo experimental desta instituição. Esta embarcação se assemelha com as demais embarcações encontradas nos cultivos no estado. Por ser de fibra de vidro, possui uma resistência maior em sua borda, permitindo a instalação do equipamento, porém, exigindo a instalação do sistema de estabilização para fornecer equilíbrio ao conjunto.

A instalação do equipamento, mostrado nas figuras (6.12 a 6.15) durou aproximadamente 6 horas nesta embarcação, considerando todos os processos necessários de furação e fixação.



Figura 6.11 – Vistas da embarcação B com o equipamento montado.



Figura 6.12 – Equipamento montado na embarcação B – detalhe para escala do conjunto.



Figura 6.13 – Vistas traseira da embarcação B com o sistema de estabilização / flutuação.



Figura 6.14 - Detalhe da montagem dos componentes e subsistemas.

6.3 Critérios de avaliação dos testes

Para realizar os testes foi necessária a delimitação dos critérios usados para medir o desempenho do protótipo em ambas as embarcações. A padronização e a determinação do que deveria ser medido e ou avaliado possibilitou a redução do tempo dos testes, otimizando a coleta de dados estatísticos. O Quadro 6.1 demonstra os critérios mais importantes para serem avaliados.

Quadro 6.1 - Critérios e modelos de avaliação dos testes do protótipo.

	Critério	Avaliação	Medição	Objetivo
1	Posição do usuário no momento do manejo	Comparação da postura adotada no protótipo com dois outros tipos de equipamentos de manejo	Avaliação de posturas, incluindo grau de inclinação do tronco, relação entre distância de acionamento e força exercida, posicionamento do operador na embarcação no momento do manejo.	Avaliar os resultados com o uso do equipamento e demonstrar os ganhos obtidos para a saúde dos operadores.
2	Força necessária para elevação	Medição da força exercida para elevação.	Medição da força exercida através do uso de dinamômetros e cálculos aproximados.	Avaliar os ganhos obtidos pelo uso do equipamento.
3	Tempo de ciclo (entre duas Estruturas de cultivo)	Tempo do ciclo de manejo de uma lanterna do início até a passagem pra próxima estrutura	Tempo de fixação, elevação, embarque, retorno e passagem para a próxima lanterna.	Avaliar os ganhos de produtividade que podem ser obtidos com o equipamento.

Como critério de avaliação comparativa, serão usados como referência algumas embarcações que utilizam sistemas mecânicos no manejo, descritas no item 2.6 do capítulo 2 deste trabalho.

6.4 Atendimento das especificações do projeto

Conforme descrito no item anterior alguns critérios foram definidos para avaliar o desempenho e o atendimento dos requisitos de projeto. A condução dos testes foi feita de maneira isolada em cada embarcação, proporcionando medições e observações distintas. Os testes foram realizados entre os meses de Março e Abril de 2005 em condições normais de uso e em alguns casos, aproveitando situações não previstas no levantamento de dados como marés fortes que proporcionam correntezas no mar, vento, chuva e algumas dessas condições combinadas.

O Quadro 6.2 apresenta os resultados obtidos de maneira geral com os testes do protótipo, tomando como referência as especificações de projeto como parâmetro de avaliação.

As considerações a respeito das especificações propostas são a melhor métrica de atendimento dos objetivos por parte do equipamento, comprovando a funcionalidade do método no fechamento do ciclo do projeto.

Quadro 6.2 – Critérios e modelos de avaliação dos testes do protótipo.

Nº.	Descrição	Meta	Alcançado
1	Estabilidade	Ângulo de adernamento inferior a 20°	Em função da utilização de duas embarcações diferentes, a análise da estabilidade foi dividida para as duas embarcações do teste. Para a embarcação A, não houve praticamente nenhuma inclinação maior do que 15°, atendendo as especificações. Para a Embarcação B, fez-se necessário o uso do sistema auxiliar de estabilização o que permitiu diminuir para menos de 20° de inclinação lateral da embarcação.
2	Área de trabalho	Oferecer uma área de trabalho de no mínimo 1,2 m ²	O equipamento não interferiu negativamente na área útil das embarcações usadas. Na embarcação B, a plataforma de estabilização permitiu incorporar uma área útil de 1,6 m ² que pode ser utilizada para maximizar a área de carga. Em função da configuração do equipamento não houve comprometimento da área útil do convés, facilitando o manejo e o uso máximo do convés.
3	Adequar a embarcações existentes	Permitir instalação em bocas entre 0,9 m e 3,0 m	Adequou-se sem maiores problemas nas duas embarcações de 1,2 e 2,8 m de boca
4	Força de acionamento	Inferior a 20Kg	Há duas possibilidades, para ambas o equipamento está dentro da faixa estipulada para valores até 140 kg

Continuação Quadro 6.2 - Critérios e modelos de avaliação dos testes do protótipo

Nº.	Descrição	Meta	Alcançado
5	Número de ampliadores de força (Alavancas Roldanas)	3	Se considerarmos o conjunto do trole, as roldanas de condução do cabo e o guincho manual vamos obter 4 roldanas, entretanto a superação dessa meta não implica em um fator negativo ao projeto.
6	Potência necessária para realizar o trabalho	potência para erguer uma carga de 120 kg	Com o sistema de polias a potência necessária para o manejo pode ser obtida pela força de um usuário humano, não requerendo fontes externas de potência.
7	Numero de operações de controle	5	Foram necessárias 5 operações: fixar, içar, embarcar, preparar e seguir para o próximo ponto.
8	Custo Operacional baixo	reduzir em 20% os custos atuais de manejo com a utilização de um usuário por embarcação	A redução do custo operacional não pode ser obtida através da redução do número de usuários por embarcação. Recomenda-se a presença de 2 tripulantes no momento do manejo. A redução dos custos pode ser alcançada através da redução global do tempo de manejo, porém sem previsão da quantidade reduzida.
9	Número de funções	O máximo possível, na menor quantidade de formas.	Com a evolução das concepções foi possível atribuir várias funções aos componentes dos subsistemas como o sistema de estabilização que também é utilizado como amplificador de área útil e a viga "I" que além de estrutural serve de monotrilha para o trole.
10	Resistência do acabamento	Resistir a risco de até 1mm de profundidade e resistir a Raios UV	O protótipo foi revestido com uma proteção de zinco para minimizar a ação corrosiva do ambiente salino na estrutura, entretanto esta proteção galvânica não pode ser considerada como uma alternativa eficiente. Recomenda-se o uso de aço inoxidável na estrutura para evitar a corrosão sem necessitar de tratamento superficial além da pintura.
11	Quantidade de mecanismos	Menor número possível	O equipamento possui um mecanismo de tração (guincho) e um mecanismo de liberação e travamento do trole
12	Resistência mecânica	Resistir a cargas de até 200kg	O protótipo demonstrou uma boa estabilidade estrutural, não foi verificada nenhuma deformação na estrutura e nos componentes mesmo quando houve sobrecarga do sistema.
13	Capacidade de carga da embarcação	Manter a capacidade de carga ou reduzi-la no máximo em 50Kg (peso do equipamento)	O peso total do protótipo com todos os subsistemas (exceto o sistema auxiliar de estabilização) teve um peso de 55 Kg.. A Adição de 55kg às embarcações não acarretou em perda considerável da capacidade de carga, principalmente na embarcação B pois este fator foi compensado com a disponibilidade de um sistema estabilizador com flutuador/contrapeso para compensar o acréscimo de peso.
14	Número de pontos de fixação no casco	Número mínimo necessário para manter o equipamento fixo e em segurança utilizando a estrutura da embarcação.	Com a utilização das pranchas de conexão, foram necessários somente 4 pontos de fixação que também servem de suporte para outros subsistemas, minimizando a intervenção na estrutura do casco.

Continuação Quadro 6.2 - Critérios e modelos de avaliação dos testes do protótipo

Nº.	Descrição	Meta	Alcançado
15	Custo de produção baixo	Preço de venda deve ser inferior a R\$ 3.000,00	Os custos do protótipo ficaram em torno de R\$ 3.200,00 considerando material, mão de obra, transporte e instalação. A diferença de aprox. 7% em relação ao preço de venda estipulado não pode ser considerado um ponto negativo, uma vez que estamos tratando de um protótipo. Este custo também não pode ser usado como referencial para o preço final do produto em função do uso de aço comum ao invés do aço inox. Entretanto, como todo protótipo, este custo não incorpora a possibilidade de redução obtida com uma fabricação seriada.
16	Resistência a corrosão	Proteger todos os componentes e mecanismos da ação do processo de corrosão.	Para o protótipo foram usadas ligas ferrosas em função da redução de custos. Como o protótipo tinha a função de verificar a viabilidade do conceito proposto, não foi usado o material adequado para a confecção do mesmo, aço inox. Desta forma o protótipo mesmo protegido por uma camada de zinco aplicada por um processo eletroquímico (em toda a estrutura) não se apresenta resistente à corrosão por um período prolongado.
17	Número de ajustes de fixação	Número mínimo necessário para manter o equipamento fixo e em segurança utilizando a estrutura da embarcação.	Não são necessários ajustes de fixação. Uma vez efetuado o processo de união com o casco da embarcação, não é necessário ajuste. Entretanto, foram utilizadas barras roscadas para ajustar o comprimento do fuso, evitando assim a compra de parafusos específicos.
18	Resistência a Raios UV	Resistir a 10 Anos de exposição solar sem perder as propriedades de resistência mecânica e aparência	Os materiais utilizados resistem ao ataque de raios UV
19	Peso limitado	O equipamento deve ter um peso final máximo em torno de 50,0 kg	O peso total do protótipo com todos os subsistemas (exceto o sistema auxiliar de estabilização) teve um peso de 55 Kg. Entretanto, os materiais utilizados para o protótipo ainda podem ser otimizados tanto na forma quanto na alteração dos mesmos (aço inox)
20	Número de pontos de lubrificação	Número mínimo necessário para facilitar o processo de manejo e manutenção	Por utilizar materiais como nylon nas partes móveis, a necessidade de lubrificação se reduziu significativamente, restando à mono-via da viga I material lubrificante para facilitar o deslizamento do trole.
21	Emissão mínima de poluentes	Utilizar fontes de potência que não emitam partículas poluentes na atmosfera nem em ambiente marítimo	Como o equipamento não utilizará nenhum tipo de motor e sim a força humana como fonte de potência, não haverá por parte deste emissão de poluentes gasosos durante sua operação. Em se utilizando o aço inox como material base da estrutura, também não será necessário o uso de pintura, reduzindo a emissão de poluentes na fase de fabricação.

Continuação Quadro 6.2 - Critérios e modelos de avaliação dos testes do protótipo

Nº.	Descrição	Meta	Alcançado
22	Num. de pontos de acúmulo de água	Eliminação de pontos de acúmulo de água	Com o uso mínimo de materiais em uniões simples praticamente não há pontos de acúmulo de água na superfície ou interior da estrutura, minimizando a ação corrosiva do ambiente marinho.
23	Volume ocupado pelo equipamento em uso	Ocupar o mínimo volume na área interna da embarcação. Não ocupar volume de carga útil e permitir a mobilidade do operador	Como o equipamento não utiliza a área útil da embarcação, o volume ocupado não interfere na mobilidade do operador e tampouco minimiza a área útil de transporte das estruturas de cultivo.
24	Densidade	Usar materiais de baixa densidade para reduzir o peso do equipamento	A uniformização do uso de tubos de perfil quadrado de aço 1020 de parede de 1,5 mm permitiu reduzir o peso total do equipamento, entretanto, na peça da viga, foi usado o perfil I de grande concentração de material em função do custo e facilidade de construção, porém, em um produto comercial este perfil poderia ser substituído por um perfil de menor peso. O uso de tanques de flutuação de polietileno de 100 litros permitiu oferecer a flutuabilidade necessária sem a utilização de outro material como a fibra de vidro facilitando a obtenção e reposição em caso de furos ou danos à estrutura.
25	Volume ocupado pelo equipamento inativo	Ocupar o mínimo volume na área interna da embarcação. Não ocupar volume de carga útil. Permitir compactação após o uso	Como o equipamento não utiliza a área útil da embarcação, o volume ocupado não interfere na mobilidade do operador e tampouco minimiza a área útil de transporte das estruturas de cultivo.
26	Número de materiais diferentes	Reduzir o número de materiais para facilitar o processo de fabricação e montagem, reduzir custos e reduzir corrosão	A uniformização do uso de tubos de perfil quadrado de aço 1020 de parede de 1,5 mm permitiu reduzir o peso total do equipamento, entretanto, na peça da viga, foi usado o perfil I de grande concentração de material em função do custo e facilidade de construção.
27	Nível de ruído baixo	Ruído inferior a 85 dB (limite de exposição para atividade com mais de 8h de duração)	O equipamento não produz ruído que possa ser considerado durante sua operação em função do uso de sistemas manuais.

Apesar da listagem dos objetivos alcançados justificando os requisitos de projeto, alguns dos subsistemas necessitam de testes mais aprofundados para exemplificar os resultados obtidos.

As descrições a seguir demonstram os pontos mais críticos que necessitaram de testes de avaliação conforme o Quadro 6.1.

6.4.1 Posição do usuário no momento do manejo

Conforme descrito na listagem de necessidades e em observações realizadas pela equipe de projeto, a posição com que o usuário realiza a tarefa de içamento das estruturas de cultivo é um dos principais fatores de doenças e lesões relacionadas ao trabalho na maricultura. Desta forma, a avaliação da postura proposta pelo equipamento influenciará consideravelmente na determinação da eficiência deste modelo.

A utilização de um sistema de guincho manual possibilitou a redução do esforço total, além de permitir que este seja realizado dentro de uma faixa ideal de esforço em relação ao usuário (entre a altura do peito e a bacia) segundo a figura 4.32.

No estabelecimento das especificações de projeto, um dos itens bem qualificados referenciava a possibilidade de ajustes antropométricos dos acionamentos para diferentes usuários. Para a fase de protótipo, por questões de simplificação, deixar o sistema de acionamento fixo para facilitar a construção do protótipo e minimizar custos.

A figura 6.15 mostra a posição que o usuário exerce a força necessária na manivela do guincho de maneira segura e controlada em uma postura neutra sem carregamentos adicionais na região da coluna vertebral. A postura do usuário não é comprometida somente no momento de içamento das estruturas de cultivo. Possibilitar uma manipulação em postura adequada durante as operações no espinhel como a de liberação e fixação das estruturas de cultivo representa um avanço significativo para a melhoria das condições de trabalho dos operadores. A figura 6.16 mostra a posição de recolocação das estruturas de cultivo no espinhel ocorrem à altura da cintura na embarcação A, facilitando as operações e evitando o desgaste da coluna por flexão inadequada.



Figura 6.15 – Posição de acionamento do equipamento.



Figura 6.16 – Posição confortável e ergonômica para operação de embarque e desembarque de lanternas.

6.4.2 Força necessária para elevação

A escolha do sistema de içamento por cabos e roldanas (sistema de polias) permitiu manter a utilização da força humana do próprio usuário como fonte de potência. Esta característica permitiu além de uma redução significativa dos custos do equipamento a redução da força necessária para acionamento do sistema. Este sistema de polias direcionado para ganho de força em detrimento da velocidade de avanço apresentou duas configurações distintas, sendo assim consideradas as situações 1 e 2.

A Situação 1 foi a configuração proposta no projeto inicial, utilizando as duas polias do trole e uma polia móvel em um moitão ou cadernal de 1 gorne. O esquema desta configuração está demonstrado na figura 6.17.

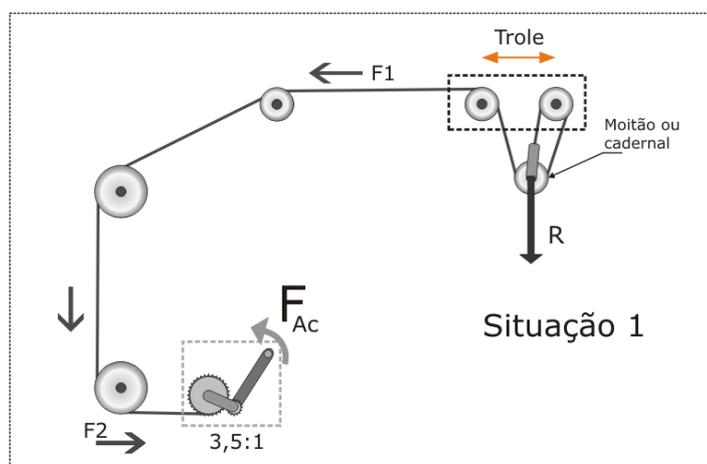


Figura 6.17 – Esquema da situação 1 do sistema de polias usando um cadernal ou moitão para reduzir a força necessária de elevação.

Nesta configuração obteve-se uma redução teórica total aproximada de 14:1. Ou seja, uma lanterna de 65 kg necessitava de um esforço de apenas 4,5 kg na manivela, um valor muito abaixo do esforço máximo estipulado no projeto. O teste da situação 1 pode ser observado nas figuras 6.18 e 6.19.

Entretanto apesar da aparente vantagem na redução do peso, esta configuração apresentou um problema apontado pelos produtores que o utilizaram, o tempo demasiado longo de giro da manivela para erguer a lanterna. Em estruturas de menor peso, entre 20 e 30 kg a força exercida era tão pequena que a ação tornava-se enfadonha por falta de retorno e excessivo número de giros necessários para erguer até o ponto de embarque.

Após a montagem do equipamento e dos subsistemas percebeu-se que maximizar a redução do esforço do usuário não significa necessariamente aumentar a produtividade ou o conforto no uso do equipamento.



Figura 6.18 - Sistema de polias usando um cadernal ou moitão erguendo uma lanterna.



Figura 6.19 - Sistema de polias usando um cadernal ou moitão.

Esta percepção levou a um questionamento a respeito da definição das necessidades dos clientes ser mais bem definida, considerando a interação homem – máquina e as variáveis de interface de resposta ao usuário, fator não considerado anteriormente.

A determinação dos parâmetros sensoriais dos usuários é fundamental para facilitar o trabalho de especificação, pois, nem sempre as necessidades apontadas pelos produtores e ratificada pela equipe de projeto determina a melhor maneira de enfrentar o problema geral. Esta situação levou à experimentação da Situação 2.

A Situação 2 foi a configuração proposta após a identificação da lentidão do içamento, utilizou apenas uma das duas polias do trole. O esquema desta configuração está demonstrado na figura 6.9.

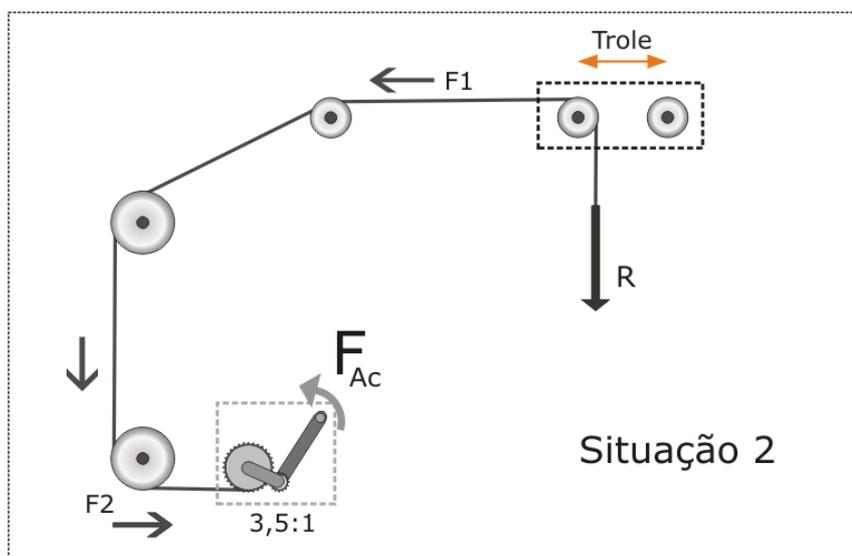


Figura 6.20 - Sistema de polias usando somente uma polia no trole.

Nesta configuração obteve-se uma redução teórica total de acionamento (F_{ac}) aproximada de 7:1 ou seja, uma lanterna de 65 kg necessitava de um esforço de apenas 9 kg na manivela, um valor elevado se comparado com o anterior, entretanto ainda dentro das especificações de projeto que previa um esforço de 20% da massa do usuário (valor aproximado de 14 kg).

Além disso, esta configuração permitiu dobrar a velocidade de içamento em relação ao modelo da situação 1. Este ganho foi significativo na medição dos tempos e passou a ser adotada como a solução mais eficiente.



Figura 6.21 – Sistema de polias usando um cadernal ou moitão.

6.4.3 Tempo de ciclo

Além de reduzir esforços e melhorar a postura, uma das premissas listadas era de que o equipamento pudesse oferecer aos produtores um aumento na produtividade. Conforme dito nos capítulos anteriores, o foco deste trabalho está direcionado ao sistema de cultivo tipo espinhel ou *long line* e considerando as atuais estruturas de cultivo utilizadas. Desta forma, a possibilidade de aumento de produtividade se daria na redução dos custos envolvidos no processo de manejo, redução esta que poderia ser obtida através da redução do tempo total ou, no mínimo, a manutenção dos tempos atuais de manejo.

Dentro destas hipóteses, foram realizadas medições utilizando o equipamento em condição normal de uso e medidos os tempos das tarefas necessárias para realizar o içamento de uma lanterna de cada vez, considerando o início do ciclo com o içamento da lanterna devidamente localizada no ponto de içamento.

Os tempos foram medidos com auxílio de um cronômetro digital. Foram tomados os tempos de 5 procedimentos principais, sendo: Içar lanterna; liberar lanterna do espinhel; embarcar lanterna; soltar / correr espinhel; deslocar para próxima lanterna. Foram medidos os tempos de manejo de 9 lanternas em um dia de mar calmo. Os tempos (mostrados na figura 6.22) variaram progressivamente, estabilizando-se em torno de 25 segundos.

A redução progressiva se deu em função do aprendizado e da adequação ao processo do equipamento, podendo haver uma redução ainda maior do tempo na medida que o operador se familiarizar com o processo.

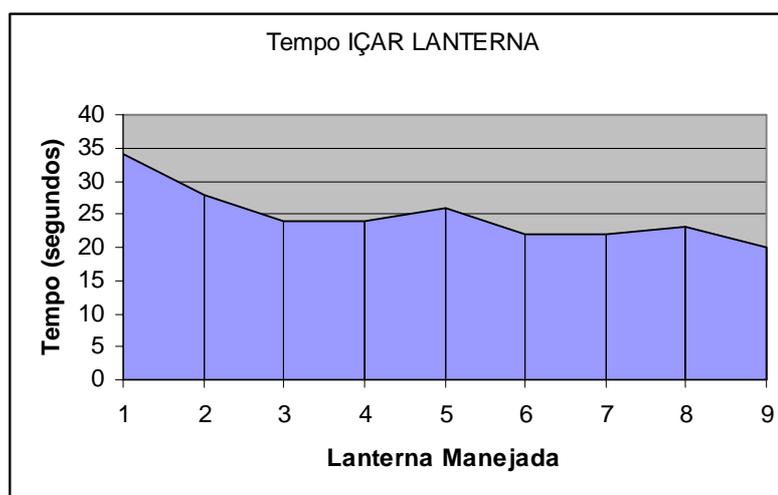


Figura 6.22 – Medição dos tempos de içamento das lanternas.

Além das medições de tempo destes eventos, foram medidos para efeito comparativo os tempos dos mesmos procedimentos em outros equipamentos como o da embarcação dotada de equipamento hidráulico de içamento descrito no item 2.6.5 no capítulo 2 deste trabalho e o manejo manual efetuado na mesma embarcação. As medições de tempo estão discriminadas na tabela 6.1 e melhor visualizados no gráfico da figura 6.23.

Tabela 6-1 - Tempos médios dos procedimentos por tipo de manejo.

Procedimento	Tempos médios de Manejo (segundos)		
	Deslocamento manual	Deslocamento c/ equipamento hidráulico	Deslocamento c/ o equipamento testado
1 Içar Estrutura de cultivo	18	42	25
2 Liberar estrutura de cultivo do espinhel	23	20	20
3 Embarcar estrutura de cultivo	12	15	18
4 Soltar espinhel / correr espinhel	35	35	12

5	Deslocar equipamento para o içamento	5	32	15
	Tempo médio (segundos)	93	144	90
		1' 28"	2' 24"	1' 30"

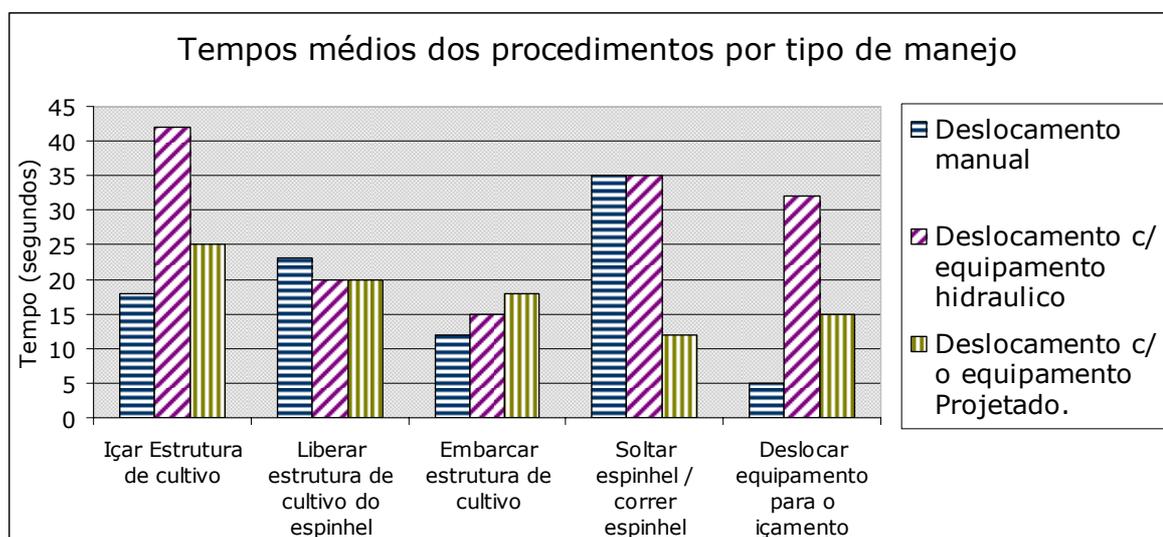


Figura 6.23 – Gráfico de demonstração dos tempos médios dos procedimentos por tipo de manejo.

Além dos tempos dos procedimentos usados nas tarefas de içamento das estruturas de cultivo, foram medidos os tempos relativos à etapa inicial dos procedimentos que consistem em capturar o espinhel submerso, içar e apoiar o mesmo nos suportes. Estes tempos estão descritos na Tabela 6.2.

Tabela 6-2 - Tempos médios dos procedimentos iniciais de manejo.

	Procedimento manual	Procedimento c/ equipamento hidráulico	Procedimento c/ o equipamento proposto
Içar Espinhel	12	40	25
Fixar espinhel	10	10	8
Tempo médio (segundos)	22	50	33

As vantagens do subsistema de fixação e trilhamento do espinhel, não podem ser observados nas medições do tempo inicial de içamento e fixação, entretanto, ao observarmos o tempo obtido na tarefa (Soltar espinhel / correr espinhel), observa-se que houve um ganho de tempo considerável em relação aos demais subsistemas de função similar.

De um modo geral, não houve redução significativa no tempo total de manejo como demonstrado na figura 6.26. O tempo médio pode ser considerado igual ao tempo obtido com o sistema manual. Contudo, por se tratar de um protótipo e a amostragem utilizada como referência de tempo correspondeu a um período de 3 dias para cada medição,

podemos considerar que os usuários não estavam familiarizados com os procedimentos do equipamento, reduzindo o desempenho possível de ser obtido com o mesmo.

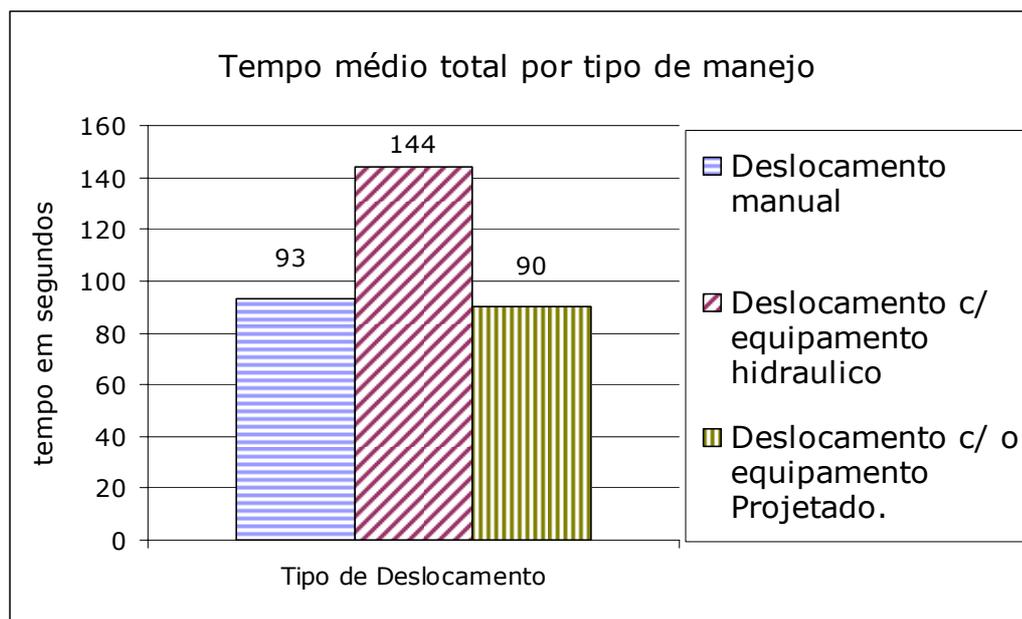


Figura 6.24 – Tempo médio total do ciclo por tipo de manejo em segundos.

6.4.4 Subsistema do Trole

O Subsistema do trole foi um dos que mais necessitou ajuste durante a realização dos testes. Como este subsistema congregava diversas funções (travamento / liberação do mesmo da viga, travamento / liberação da lanterna e o sistema de polias para redução de força de tração) foi necessária a realização de ajustes na configuração do sistema de polias, como os descritos no item 6.4.2 deste capítulo, além de ajustes nos sistemas de travamento assim denominados trole – viga e lanterna – trole.

Após a realização dos testes foi detectada a necessidade de modificação do sistema de travamento visando automatizar o mesmo. A solução de travamento/ liberação em ambos sistemas apresentou-se eficiente para o teste do princípio mas impedia o uso contínuo e seguro dos demais mecanismos.

6.4.5 Subsistema de fixação e trilhamento do espindel

Como demonstrado na Tabela 6.1 e na figura 6.25, o subsistema responsável pela fixação, trilhamento e passagem das lanternas pelo espindel foi o responsável pelo melhor resultado obtido em termos de ganho de tempo e facilidade de operação. O uso das rodas estrela que permitiram a passagem do cabo do espindel mesmo contendo incrustações e nós, assim como as lanternas de cultivo demonstraram grande eficácia. Na fase de testes foi detectada a necessidade de utilizar uma barra guia para orientar e encaminhar as lanternas para as fendas dos dentes das rodas.

6.4.6 Sistema auxiliar de estabilização

Este sistema utilizado somente na embarcação B, proporcionou a esta embarcação a estabilidade necessária para a operação do sistema. A estrutura se demonstrou adequada e resistente para esforços em todas as direções necessitando de uma adaptação ao projeto quando da utilização de cabos de ancoragem da plataforma à estrutura suspensa.

Como pôde ser observado nas figuras 6.13 e 6.14, o uso desta área de estabilização ampliou a área útil e tem dupla função, servindo tanto como contrapeso quando solicitada no momento do içamento das lanternas quanto no retorno à posição inicial evitando o adernamento no sentido contrário.

6.5 Considerações sobre os testes do protótipo

A realização dos testes com protótipo são de fundamental importância para a verificação e a validação do conceito proposto no projeto conceitual e detalhado, evidenciando a funcionalidade da metodologia e comprovando a eficiência do método ao permitir a confrontação com os requisitos de projeto, elaborados na etapa do projeto conceitual.

A realização dos testes em duas embarcações proporcionou um avanço significativo na validação dos resultados em função da capacidade de demonstrar a adaptabilidade do equipamento em diferentes tipos de embarcações, contemplando um dos principais requisitos do projeto.

Nos testes do protótipo foram evidenciados os pontos positivos e negativos do projeto, evidenciando a necessidade da experimentação e do exercício de familiarização com a metodologia do PDP. Outra característica que ficou evidente na fase de testes é a necessidade de integração total da equipe de projeto em todas as fases pois alguns detalhes que deveriam ter sido verificados como a melhoria do sistema do trole, bem como a otimização dos materiais utilizados poderiam ser detectados e corrigidos na etapa conceitual.

Outra observação pertinente a esta etapa é a necessidade de um uso maior de modelos físicos em escala para simulação durante a etapa do projeto conceitual e não somente confiar nas simulações computacionais. O uso de modelos físicos permite melhorar a percepção do conceito proposto e identificar variáveis que podem ser melhoradas.

De um modo geral o protótipo conseguiu atingir os objetivos propostos para a realização deste trabalho, finalizando o esforço da pesquisa ampla realizada sobre o tema, considerando todas as variáveis envolvidas no processo, algumas delas

conflitantes como a questão do uso de embarcações variadas e a quantidade de maricultores capazes de adquirir um equipamento derivado das soluções tecnológicas apresentadas.

As avaliações realizadas no final deste capítulo demonstram que as análises feitas durante este projeto e as soluções encontradas ainda não satisfazem plenamente as necessidades dos produtores.

No próximo e último capítulo deste trabalho será feita uma análise e demonstração das conclusões obtidas com o desenvolvimento desta pesquisa, assim como as recomendações para trabalhos futuros sobre este tema.

CAPÍTULO 7

7 CONCLUSÕES

7.1 Conclusões

Este capítulo conclui o trabalho de dissertação. Neste são demonstradas as conclusões que o autor obteve durante as etapas de pesquisa e desenvolvimento, assim como as impressões sobre seu processo. Este se deu sobre a investigação e o desenvolvimento de tecnologia para mecanização de uma atividade econômica recente mas de grande potencial em nosso país.

A utilização da metodologia sistemática do PDP foi a consequência natural em função da inserção deste trabalho em um grupo de pesquisa (GEPP) cujo tema é estudado e discutido nacionalmente, atualizando constantemente o método em função das mudanças naturais que as novas tecnologias e os novos meios de relacionamento e interação entre pessoas e máquinas proporcionam.

Do ponto de vista da metodologia, a sua utilização neste trabalho proporcionou uma sistematização de tarefas, facilitando a integração dos conhecimentos das mais diversas áreas, convergindo-os para a tarefa principal deste trabalho, a proposição de soluções eficientes para o problema proposto. Esta sistematização se torna indispensável para que as informações levantadas, de forma isolada, pudessem ser utilizadas de forma conjunta e integrada.

A capacidade e flexibilidade do método são evidenciadas ao utilizá-lo na resolução de um problema onde os participantes da equipe de projeto não tinham nenhuma familiaridade inicial com o problema do projeto proposto. Essa facilidade é obtida através da divisão do problema complexo em variantes menores, de modo a alcançar uma solução viável e exequível mais facilmente e minimizando a possibilidade de erros acentuados no final do processo.

O método por si só não garante a eficiência ou a resolução do problema proposto sem que a equipe de projeto não esteja capacitada para resolvê-lo. A integração da equipe de projeto, assim como o domínio do processo que o método exige, são fundamentais para o sucesso do projeto. Neste projeto, por se tratar de uma pesquisa acadêmica, o rigor imposto pelas variáveis comerciais foi suprimido, direcionando o foco

de resolução dos problemas para o sistema mecânico. As soluções geradas não visaram a fabricação de um bem de produção (denominação do tipo deste produto) com objetivos comerciais, e sim, um protótipo para avaliar e validar o conceito proposto.

Além do uso de uma metodologia eficiente, outro fator fundamental para o bom desenvolvimento de um projeto é a qualidade das informações com que se está trabalhando. Na fase de coleta de dados sobre o problema de pesquisa, foi detectada uma ausência considerável de dados confiáveis sobre os problemas enfrentados pelos produtores.

Em função da atividade ser uma prática recente na região e por se encontrar ainda em fase de adaptação e regularização, não havia dados estatísticos sobre os problemas enfrentados pelos produtores locais, no que tange à questão da saúde do trabalho ou mesmo, quanto à um cadastro completo dos maricultores.

A ausência de estatísticas oficiais e dados confiáveis, não permitiram a utilização das referências necessárias sobre as informações relativas aos problemas, que do ponto de vista metodológico, pode gerar dúvidas quanto a validade das informações expostas nesta dissertação.

Em face desse problema, buscou-se através de visitas de campo, entrevistas e contato com os especialistas da área, identificar os verdadeiros problemas, pois nem sempre os produtores envolvidos no processo conseguiam descrever ou identificar os problemas enfrentados.

O fato de ser uma pesquisa inovadora em nosso país ofereceu uma dificuldade inicial, pois não haviam produtos industriais desenvolvidos para a resolução deste problema, deixando a análise comparativa para os sistemas empíricos desenvolvidos pelos produtores locais que buscavam de alguma maneira a resolução da problemática.

Durante o desenvolvimento da pesquisa, o contato com os produtores e a conseqüente familiaridade e aprendizado das atividades do cultivo permitiram a identificação mais clara dos problemas, pois muitas vezes a equipe de projeto participou das atividades de manejo atuando como o produtor.

Diante da conversão das informações e conhecimentos adquiridos durante o processo de pesquisa, foram detectados alguns pontos considerados críticos, principalmente por se tratar de uma equipe de projeto concisa.

No capítulo 3 referente ao projeto informacional, uma dificuldade foi detectada. Conforme já foi citado no item 3.6.1 deste trabalho, a falta de familiaridade com o método e a ausência de hábito de registrar e sistematizar o processo mental de resolução de problemas, trouxeram problemas de adaptação da equipe principalmente no preenchimento do QFD onde a interface das ferramentas computacionais ainda deixa a desejar em relação a qualidade de manipulação de dados. Ainda sobre o QFD, outro ponto crítico foi a dificuldade de determinação e valoração de alguns requisitos subjetivos. Este último, porém, pode ser resolvido com a prática e a estabilização da

equipe de projeto numa área específica de desenvolvimento e não partindo do zero como ocorreu com este projeto.

No capítulo 4 a concentração das atividades de conceituação, evolução e refinamento das propostas até a determinação de uma concepção demonstraram o poder e a influencia positiva que o uso de ferramentas de CAD traz ao projeto, principalmente na especificação de componentes e otimização de materiais com a utilização conjunta de softwares de análise estrutural. Além das ferramentas computacionais, é importante incorporar na equipe de projeto a consideração já nesta etapa das variáveis de *DFx* que influenciam de maneira muito positiva no andamento do trabalho nas fases posteriores. As escolhas realizadas neste capítulo demonstraram-se acertadas e eficientes, principalmente pela consideração da redução de materiais e processos, além da simplificação geral do produto.

O capítulo 5, de detalhamento, também fez uso das vantagens oferecidas pelos programas de CAD, convertendo as concepções em desenhos detalhados que facilitam as configurações para fabricação. A facilidade com que as informações de projeto são convertidas em detalhamento de projeto reduziram esta etapa do projeto a uma formalidade técnica, principalmente neste trabalho de cunho acadêmico.

A necessidade de comprovação do conceito demonstra a importância da construção de um protótipo para validação dos conceitos gerados. No capítulo 6 deste trabalho foi descrito o processo de construção do protótipo que por sua vez não permite por restrições de tempo e espaço a grandeza de informações obtidas com o processo real.

A quantidade de informações obtidas e lições aprendidas na construção de um protótipo justificam todo o esforço e valores nele aplicados. A observação das falhas oriundas de uma deficiência de pesquisa reforça o aprendizado da equipe, tornando-a mais crítica e seletiva nos próximos projetos, além de trazer a tona os problemas de projeto que nem os programas de CAD conseguem simular, pois cada projeto apresenta-se de maneira singular.

Com relação ao protótipo, os testes mostraram-se bastante satisfatórios, tendo como principais pontos positivos:

- a. **Baixo peso geral da estrutura:** Se comparada a outras configurações (modelos mostrados no capítulo 2), pode-se considerar que o protótipo desenvolvido neste trabalho possui uma massa menor que os demais modelos apresentados. O peso final do conjunto ficou dentro do definido nas especificações meta, em torno de 55 Kg. Além do baixo peso, a distribuição do mesmo em vários pontos da estrutura do casco das embarcações reduz a necessidade de usos de pontos de engaste centralizados e conseqüentemente, aumento de peso e ocupação desnecessária de área interna. Deste modo, pode-se concluir, que a configuração apresentada no protótipo, permite uma maior flexibilidade de aplicação no universo de

embarcações encontradas nos locais de cultivo sem o comprometimento da capacidade de carga e resistência da estrutura da embarcação

- b. Baixa interferência na área útil da embarcação:** A configuração apresentada mostrou-se mais eficiente que os modelos analisados e introduz um novo conceito que permite a livre circulação dos produtores nos pontos mais importantes de manejo dentro a embarcação. A não utilização da área de convés permite o embarque de um número maior de lanternas e, dependendo da embarcação, permite a colocação de equipamentos de manejo como os utilizados para lavagem e classificação de sementes e ostras, equipamento para lavagem de lanternas, motores, etc.
- c. Posicionamento do usuário de maneira adequada e ergonômica:** Conforme demonstrado no capítulo 6, item 6.4.1, a melhoria no posicionamento dos usuários em relação aos demais modelos analisados oferece maior segurança, conforto e praticidade à operação do equipamento e conseqüentemente do manejo. Além de evitar possíveis lesões e ou doenças ocupacionais como as listadas no capítulo 2, item 2.4 deste trabalho, as posições oferecidas contribuem para uma maior segurança nas restritas e instáveis operações de manejo embarcado.
- d. Redução do esforço global:** Observando os métodos atuais de manejo e comparando-os ao método proposto neste trabalho, podemos afirmar que, do ponto de vista dos esforços necessários para efetuar as tarefas de manejo, o protótipo desenvolvido não somente atinge as especificações meta como conseguiu reduzir em mais de 14 vezes o esforço comparado à situação manual. Além das demonstrações apresentadas no item 6.4.2 onde existem duas situações possíveis para a redução dos esforços dos usuários, é importante salientar a influência do subsistema de trilhamento e fixação do espinhel. Este último melhora significativamente os procedimentos necessários para a realização do manejo reduzindo não somente o tempo como também os esforços físicos necessários para a realização do manejo no modelo atual.
- e. Redução do tempo total de manejo:** Assim como as características positivas citadas acima, outro benefício demonstrado com o uso do protótipo desenvolvido neste trabalho foi a não interferência negativa no tempo total de manejo, demonstrado nos itens 6.4.3. Apesar de não apresentar um ganho significativo de tempo se comparado ao modelo manual avaliado, o protótipo permitiu que as operações de manejo obtivessem um ganho qualitativo sem, contudo, comprometer os tempos atuais de operações de manejo. Entretanto, vale ressaltar que conforme demonstra a figura 6.22, os tempos de manejo obtidos experimentalmente com o uso do protótipo possuíam uma tendência de redução em função da familiarização e prática

por parte dos usuários com o funcionamento do mesmo. Por uma limitação de tempo de execução deste trabalho, e conseqüentemente pelo universo de dados coletados na análise não é possível prever qual o limite de redução de tempo que pode ser obtido com o equipamento. Fica como recomendação futura um maior número de experimentos para avaliar os ganhos de tempo de ciclo que podem ser obtidos com o uso do mesmo.

- f. **Baixo custo final do equipamento:** Os custos de desenvolvimento de um protótipo são mais elevados do que os custos de desenvolvimento de um produto voltado para o setor comercial. Desta forma, como o objetivo deste trabalho era desenvolver somente um protótipo e testá-lo para validar o conceito proposto, os custos de desenvolvimento excederam em 7% os custos apresentados nas especificações meta (Quadro 6.2). Entretanto, pode-se considerar que o custo final do equipamento produzido segundo os conceitos estabelecidos neste trabalho conseguirão permanecer dentro das especificações iniciais e comparados aos demais equipamentos apresentados no Capítulo 2 obtemos uma relação custo benefício que compensa a aquisição do mesmo pelos produtores.
- g. **Transferência tecnológica para conversão em produto comercial:** O registro e documentação das decisões tomadas durante o projeto, bem como o registro das lições aprendidas facilitam o processo de conversão do protótipo em um produto que possa ser desenvolvido em escala industrial. As adaptações necessárias de projeto para esta conversão podem ser facilmente realizadas uma vez que todo o projeto foi desenvolvido utilizando ferramentas de CAD.
- h. **Fabricação utilizando processos convencionais:** As restrições de custo apresentadas nas especificações do projeto orientaram o desenvolvimento do protótipo para materiais e processos de fabricação simples que facilitassem a fabricação do mesmo com o uso de máquinas e ferramentas encontradas em serralherias. Esta restrição ocorre em função das características sócio culturais encontradas entre os produtores. A construção do protótipo ocorreu de forma simplificada usando as informações fornecidas pela fase denominada projeto detalhado que especificou os materiais e desenhos necessários para a confecção do mesmo.
- i. **Adaptabilidade:** A necessidade de adaptação entre o protótipo e as embarcações mais comumente utilizadas no manejo atual no litoral de Santa Catarina orientou desde o início a configuração do protótipo. Os mecanismos usados para permitir a adequação em duas embarcações diferentes mostraram-se eficientes, entretanto, ainda permitem muitas melhorias, principalmente nos conjuntos de fixação nas embarcações. Considerando a diversidade de embarcações e também dos materiais utilizados na confecção

das mesmas, podemos considerar que o subsistema projetado para essa função cumpriu as expectativas esperadas.

Apesar dos pontos de êxito demonstrados pelo projeto, alguns subsistemas demonstraram-se aquém das expectativas, podendo ser considerados pontos negativos do projeto e que merecem melhorias de projeto, ficando como recomendação para melhorias futuras e fabricação de um novo protótipo se possível. Os principais pontos considerados pela equipe como pendentes ou insuficientes nesse projeto foram identificados:

- a. **Melhoria do sistema de travamento das lanternas no trole:** O sistema de travamento do trole junto a viga I apresentou-se eficaz durante os experimentos de manejo, entretanto, a fixação do gancho de engate da lanterna no subsistema do trole apresentou algumas deficiências que em função do tempo restrito de desenvolvimento deste trabalho, não permitiu a construção de um componente mais eficiente.
- b. **Redução do peso da viga I:** Apesar de oferecer a segurança necessária para o deslocamento das lanternas, a viga I foi utilizada por proporcionar menor peso, menor custo e permitir a utilização de seu perfil como trilho para o subsistema do trole. Entretanto o peso elevado da estrutura comprometeu a estabilidade quando instalado em embarcações menores, deslocando o centro de gravidade para cima.
- c. **Otimização da estrutura:** Os resultados obtidos com o protótipo foram satisfatórios do ponto de vista das especificações meta do produto. É importante ressaltar que como protótipo, o mais importante é avaliar e experimentar o conceito proposto. Desta forma, compreende-se que a estrutura pode ser melhorada tanto do ponto de vista geométrico quanto de materiais. Isto dependerá basicamente de duas condições, a manutenção do paradigma de adequação em embarcações diferentes ou o desenvolvimento de um produto que utilize os conceitos desenvolvidos neste trabalho dedicado a somente um tipo de embarcação.
- d. **Subsistema da plataforma de Estabilização:** os testes apresentaram uma deficiência na adaptação da plataforma de estabilização às embarcações de dimensões reduzidas como a embarcação de testes "B" mostrada no item 6.2.2. O objetivo da plataforma era atuar como contrapeso e flutuador ao mesmo tempo, reduzindo a instabilidade resultante do deslocamento e movimentação no interior das embarcações. Entretanto a fragilidade da estrutura da embarcação em fibra de vidro e as dimensões reduzidas da mesma acarretaram em uma dificuldade maior de adaptação deste conceito em embarcações deste porte. Já a embarcação "A" do item 6.2.1 devido a

suas dimensões maiores e forma de casco, acabou por dispensar o uso desse subsistema. Como conclusão, pode-se considerar que este subsistema seria mais eficiente se testado em uma embarcação de dimensões intermediárias. Por restrições de tempo e disponibilidade, não foi possível efetuar testes neste tipo de embarcação. Como lição aprendida, vale a pena ressaltar a inclinação da equipe de projeto pelo desenvolvimento de uma embarcação específica para o manejo de estruturas que possa utilizar o equipamento desenvolvido neste trabalho de maneira eficiente e segura.

Conforme observado nas especificações de projeto, a hierarquização dos resultados demonstrou uma necessidade de desenvolver um sistema que permitisse aumentar a estabilidade das embarcações, uma vez que estas não se apresentam naturalmente adequadas para a atividade.

Em função da realidade dos produtores locais, foi definida nas fases anteriores, que não faria parte do escopo deste projeto a discussão a respeito do desenvolvimento de uma embarcação específica para a atividade e sim, a adaptação das existentes através de uma intervenção física em sua estrutura.

De acordo com os resultados do capítulo 6 ficou evidente que o equipamento proposto atende as especificações de projeto, sendo capaz de ser instalado na maior parte das embarcações utilizadas nos cultivos. Entretanto, para a equipe de projeto, foi unânime a constatação de que em termos práticos, o ideal seria o desenvolvimento de uma embarcação específica para a atividade, aproveitando a listagem dos requisitos para determinar boa parte das especificações deste novo produto.

Essa observação ocorre pelo aprendizado sobre o processo obtido durante o desenvolvimento do trabalho e a observação mais minuciosa dos procedimentos, técnicas, realidade e necessidades reais dos produtores.

Mesmo com uma embarcação específica, o conceito proposto neste trabalho se mantém eficiente e proporcionaria um ganho ainda maior de produtividade, além de uma redução considerável de custos.

Além desses resultados e observações, o trabalho contribuiu com o levantamento de um número considerável de variáveis que permitem o desenvolvimento de novos conceitos e soluções a partir do projeto de pesquisa executado. As concepções criadas e não selecionadas podem ser usadas como ponto de partida para uma nova investigação.

É preciso observar que o atual estágio de desenvolvimento da produção de ostras impõe um modelo de produção diferenciado, necessitando o distanciamento do recorrente modelo artesanal e a busca numa conjuntura mais ampla de um modo de produção industrial e uma postura empresarial dos produtores.

O desenvolvimento de equipamentos para essa atividade precisa fomentar o crescimento de produção. Para isso, é preciso que haja uma postura diferente por parte dos produtores para que estes invistam na atividade com uma oportunidade empresarial,

buscando o crescimento de suas empresas, utilizando as tecnologias desenvolvidas e aplicando técnicas empresariais nas práticas do cultivo, aliando as melhores condições de trabalho, segurança e dignidade para os produtores.

7.2 Recomendações para trabalhos futuros

Além das observações pertinentes ao tema de projeto, a equipe responsável pelo desenvolvimento teve a oportunidade de conhecer a fundo todas as etapas de cultivo e observar de uma outra ótica os problemas enfrentados pelos produtores.

Conforme descrito anteriormente, as restrições de tempo para a execução deste trabalho não permitiram a discussão dos problemas detectados durante a pesquisa para o desenvolvimento deste projeto e que estão listados a seguir.

Desta forma, visando a resolução dos problemas passivos de mecanização no cultivo de ostras e demais moluscos na região litorânea de Santa Catarina este trabalho propõe investigações em temas pertinentes aos processos de todas as fases do cultivo e beneficiamento, sendo:

- Realizar testes em outras embarcações, tanto de dimensões quanto materiais diferentes para identificar os pontos críticos da adequação do conceito desse protótipo.
- Desenvolver equipamentos para o transporte das lanternas entre a embarcação e os locais de beneficiamento, prevendo o acesso à praia e considerando as variáveis ambientais e econômicas.
- Desenvolver uma embarcação específica para o manejo dos produtores médios, aproveitando as informações levantadas neste trabalho e propondo o uso de materiais de baixo custo que permitam a instalação deste equipamento, otimizando a área útil de convés.
- Estudo sobre materiais leves, resistentes (principalmente às intempéries e ao ambiente salino) e de custo acessível para a substituição dos materiais empregados neste protótipo.
- Realizar um estudo aprofundado das condições de trabalho dos produtores em relação a doenças ocupacionais, lesões, afastamentos e principais causas de patologias entre os produtores, recomendado aos centros de pesquisa de saúde e demais áreas correlatas.
- Levantamento estatístico preciso e oficial das embarcações utilizadas em toda a costa catarinense e ou brasileira que são utilizadas nas atividades de cultivo de moluscos.
- Especificação de normas ambientais específicas para a área de manejo, determinando os níveis de poluição aceitáveis para a água, o que influenciará de modo direto a qualidade dos animais cultivados, além do impacto nas praias e ar.

- Desenvolvimento de produtos voltados ao manejo como melhoria das estruturas de cultivo (lanternas) maximizando sua resistência e reduzindo seu custo pra o produtor em função da durabilidade e eficiência na não acumulação de incrustações.
- Melhoria do leiaute dos ranchos de beneficiamento e a logística da produção visando a redução de custos e melhoria das condições de trabalho dos trabalhadores envolvidos nessas atividades através de um estudo das condições dos postos de trabalhos destes indivíduos.
- Incentivar o crescimento de cooperativas para o setor, proporcionando o aumento da produção e justificando a aquisição e operação de equipamentos de maior porte, mais eficientes e de maior rendimento.

REFERÊNCIAS

- ALNMARITEC – Aluminum boat design, <http://www.alnmaritec.co.uk/Portfolio/oyst.htm>, 2004
- ALUCRAFTBOATS – Aluminum boats, <http://www.alucraftboats.com.au/boats.htm>, 2004
- ARANA, LUIS ALEJANDRO VINATEA; **Aqüicultura e desenvolvimento sustentável**: subsídios para a formulação de políticas de desenvolvimento da aqüicultura brasileira – Florianópolis: Ed da UFSC, 1999.
- ARAÚJO, S.C.; PEREIRA, A. **Aspectos da Comercialização de Ostras. Cultivo de ostras**. Apostila. UFSC. 1996. p. 63 – 66.
- AREND, L. **Sistematização das fases de projeto preliminar e detalhado do desenvolvimento de produtos e sua aplicação no projeto de um multicultor modular**. 2003. 293 f.. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- BARROS, G. **Navegar é fácil**. Edições Marítimas. 1985
- BRITISH COLUMBIA SHELLFISH INDUSTRY. Longline Culture Systems. Disponível em: <http://www.bcsqa.ca/bcsqirs/longline/longline.htm> Acesso em: 07/04/2004
- BROGNOLI, F.F.; TEIXEIRA, A.L. Técnicas de Manejo em Cultivo de Ostras. Cultivo de ostras. Apostila. UFSC. 1996. p. 56 – 62.
- CASAS, R.F.; CASASBELLAS. M. A. C. Tema 11 – La Batea Como Sistema de Cultivo. Espanha: Xunta de Galicia, 1991.
- CAMACHO, A.P.; CASASBELLAS; M.A.C. **Cultivo de Bivalbos en Batea**. Tema 13. Galícia: Xunta de Galicia, 1991.
- CARDS. Aquaculture Products Ltd. Antifoulant net treatment. Disponível em: http://www.cardsaqua.com/examples/ex3/sv_net_antifol.php. Acesso em: 20 mar. 2004.
- CARVALHO FILHO, J. **Aqüicultura Mundial**: FAO divulga suas estatísticas de 1994. Panorama da aqüicultura, Rio de Janeiro, v. 2, n.4, p. 10 – 11, 1997.
- CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução n. 020** de 18 de junho de 1986. Estabelece a classificação das águas de todo território nacional e os limites de contaminantes orgânicos e inorgânicos. Disponível em: <http://www.lei.adv.br/020-86.htm>. Acesso em: 10 fev. 2004.
- COUTO, Hudson de Araujo. **Ergonomia aplicada ao trabalho**: o manual técnico da máquina humana. Belo Horizonte: Ergo, 1995. v.1
- CSIRO. **New smart material beats aquaculture fouling**. Built Environment & Manufacturing. Online magazine, v. 29. Disponível em: <http://www.cmit.csiro.au/innovation/2003-02/oysters.cfm>. Acesso em: 19 mar. 2004.
- DPC – DEPARTAMENTO DE PORTOS E COSTAS – **Normas marítimas** - <http://www.dpc.mar.mil.br/>

EMBRAPA – **Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária**. www.embrapa.br

FAO - FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF UNITED NATIONS. **Fishery information:** data and statistics unit: overview of fish production, utilization, consumption and trade based on 2002 data. 2004. Disponível em: <<ftp://ftp.fao.org/fi/stat/overview/overview.pdf>>. Acesso em: 13 junho 2004.

FAO - FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF UNITED NATIONS. **Recent Trends in Global Fishery Production**. Disponível em:

<<http://www.fao.org/DOCREP/FIELD/006/AD743E/AD743E00.HTM>>. Acesso em: 18 mar. 2004.

FAO - FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF UNITED NATIONS. **Statistical Database 2002**. Disponível em: <<http://www.fao.org/fi/statist/statist.asp>>. Acesso em: 20 jan. 2005.

FERREIRA, M. G. G. **Utilização de modelos para a representação de produtos no projeto conceitual**. 1997. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

FONSECA, A.J.H. **Sistematização do processo de obtenção das especificações de projeto de produtos industriais e sua implementação computacional**. 2000. 180 f.. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

FORCELLINI, F.A. (2003) - Apostila de Projeto para Manufatura. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

FORCELLINI, F. A; ROZENFELD, H; TOLEDO, J. C; ALLIPRANDINI, D; AMARAL, D; SILVA, S; SCALICE, R. **Projeto Conceitual. Apostila (disciplina de Projeto Conceitual do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica)**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2005.

GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem**. – Porto alegre: Artes Médicas, 1998.

HAMAD, A. F. (2003) - **Desenvolvimento de um sistema para elevação e manejo embarcado das estruturas de cultivo na maricultura. Projeto de Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Mecânica)** - CTC/EMC, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

HUBKA, V. **Theorie der Konstruktionsprozesse**. Berlin: Springer, 1976. 209 p.

IPUF – **Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis** - <http://www.ipuf.sc.gov.br/>

JURAN, J.M. **Controle de Qualidade: Handbook**. vol. 1. McGraw - Hill, 1991

KAFRUNI, S. Economia – Diário Catarinense. Florianópolis, 2005

LEXIKON INFORMÁTICA. **Dicionário Aurélio eletrônico 3.0**. Rio de Janeiro, 1999.

LODEIROSA, C; GARCIA, N. **The use of sea urchins to control fouling during suspended culture of bivalves**. Aquaculture 231. p. 293 – 298. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 18 mar. 2004.

LUCKENBACH, M.W.; O'BEIRN, F.X.; TAYLOR, J. **An introduction to culturing oysters in Virginia**. School of Marine Science Virginia Institute of Marine Science, College of William and Mary. 1999.

MACKENZIE JR., C.; WAKIDA-KUSUNOKI, A. **The oyster industry of eastern Mexico**. Marine Fisheries Review, Summer 1997.

MANZONI, G. **Ostras: Aspectos bioecológicos e técnica de cultivo**. Itajaí: CGMA, 2001. 30 p.

MARIBONDO, J. F. **Desenvolvimento de uma metodologia de projeto de sistemas modulares aplicada a unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares**. 2000. 277 f.. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MASTRONARDI, R.J. **Developing product requirements through the voice of the customer and their link to product development: a Mustang study**. 2001. Dissertação (Mestrado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e Administração) - Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts, 2001.

MCBRIDEDESIGN - **Boat design** - <http://www.mcbridedesign.co.nz/fishing.htm>

MENEGATTI, F.A. **Desenvolvimento de um sistema de dosagem de fertilizantes para a agricultura de precisão**. 2004. 268 f..Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MERCADO DA PESCA. **Histórico do cultivo de moluscos bivalves no Brasil**. Disponível em: <http://www.mercadodapesca.com.br/cadeias_moluscos.php?pag=historico>. Acesso em: 11 abr. 2004.

MOLNAR, J.J. - **Small-scale aquaculture as a sustainable rural livelihood: a global perspective**. Trabalho apresentado no X World Congress of Rural Sociology, Rio de Janeiro - Brasil. 2000.

MTE - Ministério do Trabalho e Emprego, 2005 - **Legislação e normas para equipamentos** - <http://www.mte.gov.br/Empregador/segsau/Legislacao/Normas/Default.asp>

MULOT - **Machines et equipements ostreicoles**. Disponível em: < <http://www.mulot.fr/> >. Acesso em: março de 2002.

NOVAES, A.L.T. **Desenvolvimento de um sistema para lavação e classificação de ostras**. 2002. 26 f.. Projeto de Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Trabalho não publicado.

NOVAES, A.L.T. **Desenvolvimento de um Sistema de Lavagem e Classificação de Ostras**. 2005. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

OTTO, K.N.; AHRENS, G. **Eine Methode zur Dafinition technischer Produkthanforderung. Konstruktion**, Düsseldorf, v.49, n.11,12, p.19-25, 1997.

PAHL, G.; BEITZ, W. **Engineering design: a systematic approach**. 2. ed. London: Springer, 1996. 544 p.

PMF - PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS. **Dados sobre a maricultura**. 2004 - Disponível em:<http://www.pmf.sc.gov.br/> Acesso em: 30 mar. 2004

PREVLER - Instituto Nacional de Prevenção às LER/DORT - **Informação e prevenção**. 2005 - <http://www2.uol.com.br/prevler/>. Acesso em: 25 mar. 2005

- PROVENZA, Francesco. **Projetista de máquinas**. 6. ed. Sao Paulo: Pro-Tec, 1978. 439 p.
- REIS, A.V. **Desenvolvimento de concepções para a dosagem e deposição de precisão para sementes miúdas**. 2003. 156 f.. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- REIS, A.V.; MENEGATTI, F.A. FORCELLINI, F.A. **O uso do ciclo de vida do produto no projeto de questionários**, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS, 4., 2003^a, Gramado. Anais ...Gramado: CBGDP, 2003.
- ROOZENBURG, N. F. M.; EEKELS, J. **Product design: fundamentals and methods**. Chichester: John Wiley & Sons, 1995. 408 p.
- RUDENKO, N. **Máquinas de elevação e transporte**. Rio de Janeiro, Livros técnicos e Científicos, 1976
- SANTANA, F.E, (2005) - **Desenvolvimento do protótipo de uma máquina para lavagem de lanternas no cultivo de ostras**. Dissertação (Mestrado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica). UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- SCALICE, R.K. **Desenvolvimento de uma família de produtos modulares para o cultivo e beneficiamento de mexilhões**. 2003. 252 f.. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- SILVA, F.C. **Cultivo**: cultivo de ostras. Apostila. UFSC. 1996. p. 23 – 38.
- SOUZA FILHO, J. **Desempenho da Pesca e Aqüicultura: Ostras e Mexilhões Cultivados**. In: Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2000-2001. Florianópolis: Instituto CEPA/SC. 2001. p. 144 – 156.
- SOUZA FILHO, J. **Desempenho da Pesca e Aqüicultura Ostras e mexilhões cultivados**. In: Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2002-2003. Florianópolis: Instituto CEPA/SC. 2003. p. 162 – 163.
- ULLMAN, D.G. **The Mechanical Design Process**. 2 ed. Singapore: McGraw-Hill Inc., 1997.
- VERDÚ; M.A. **La Acuicultura en el Mundo**. Galícia: Xunta de Galicia. 1991. Tema 19.
- VINATEA ARANA, L. **Aqüicultura e desenvolvimento sustentável: subsídios para a formulação de políticas de desenvolvimento da aqüicultura brasileira**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1999. 310 p.
- VINATEA ARANA, L. **Fundamentos de aqüicultura**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2004. 348 p.
- WALNE, P.R. **Cultivo de Moluscos Bivalvos: 50 años de experiência em Conwy**. Zaragoza: Ed. Acribia, 198-. 206 p.

APÊNDICES

Matriz QFD		Requisitos de Qualidade																																			
		Quantidade de mecanismos adequados	Núm. de amplidores de força	Potência necessária para realizar o trabalho	Volume ocupado pelo equipamento em uso	Volume ocupado pelo equipamento inativo	Núm. de pontos de fixação no casco	Núm. de ajustes de fixação	Num. de materiais diferentes	Densidade	Resistência mecânica	Resistência à corrosão	Resistência a Raios UV	Resistência do acabamento	Resistência de funções	Força de acionamento	Numero de pontos de lubrificação	Num. De pontos de acúmulo de água	Nível de ruído baixo	Area de trabalho	Estabilidade estática	Capacidade de carga da embarcação	Peso limitado	Adaptabilidade em diferentes embarções	Emissão de poluentes mínima	Custo de produção baixo	Custo Operacional baixo										
		< Valor do Consumidor	Num.	Num.	Kw	M ³	M ³	Num.	Num.	Kg/m ³	Mpa	h	HB (Dureza Brinell)	Num.	Kgf	Num.	Num.	Num.	dB	m ²	Graus	Kg	Kg	Anos	ppm	R\$	R\$										
Operação	Manejar estruturas de cultivo com peso entre 05,0 Kg a	10	50	50	30	10	0	0	0	0	10	10	0	0	0	30	50	30	0	0	30	50	50	0	0	0	0	0	0								
	Reduzir esforço do usuário	10	50	50	30	10	0	0	0	0	10	10	0	0	0	30	50	30	0	0	30	50	50	0	0	0	0	0	0								
	Manter a estabilidade da embarcação durante o processo de manejo	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	30	30	0	0	0	50	50	0	0	0	0	0	0	0	0							
	Reduzir o tempo de manejo	9	30	40	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	40	0	0	0	30	30	0	0	0	0	0	0	0	0							
	Utilizar 1 operador para o processo	7	20	30	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	30	20	0	0	30	30	20	0	0	0	0	0	0	0	0						
	Oferecer segurança durante o uso	8	0	0	10	0	0	0	40	40	0	40	10	0	20	20	10	0	0	0	40	40	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Resistir a condições de uso extremas (uso inadequado)	7	10	0	0	0	0	0	30	30	10	30	20	0	20	10	20	0	0	30	10	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Resistir a movimentos oscilatórios (Ondas até 0,5 m)	6	0	0	0	0	0	0	10	30	0	30	20	0	20	0	0	0	0	10	30	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Resistir a impactos	7	20	0	0	0	0	0	20	10	30	30	10	0	30	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	Resistir a corrosão	9	0	0	0	0	0	0	30	10	40	10	0	40	0	40	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Resistir a ataque de raios UV	7	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	30	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
Ser ajustável às embarcações existentes	8	10	0	0	0	40	40	40	40	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	40	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Ocupar pouco espaço na embarcação	6	0	0	0	30	30	0	20	10	0	20	10	0	0	10	0	0	0	0	30	30	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Possibilitar remoção do equipamento da embarcação	4	10	10	0	0	10	20	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	40	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Ser utilizado em qualquer condição climática	8	0	0	0	0	0	0	0	0	10	20	40	40	0	0	0	0	0	0	40	40	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Permitir regulagem para usuários diferentes	7	20	20	30	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	20	0	0	0	10	10	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Permitir regulagem de profundidade de içamento	5	20	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	10	10	0	0	0	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Aumentar a capacidade de carga da embarcação	8	0	0	0	0	20	20	10	10	0	10	10	0	10	0	10	0	0	10	20	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Usar motor a comb. como fonte de potência	5	0	0	20	0	0	10	10	0	0	20	10	10	20	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Ter baixo consumo de combustível	7	10	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	10	0	10	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Usar força humana como fonte de potência	9	30	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	40	30	0	0	40	40	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Ter movimentos restritos e previstos	3	20	10	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	10	10	0	20	0	10	10	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ter durabilidade de 10 anos	8	0	0	0	0	0	20	0	0	0	40	40	40	40	20	20	0	20	0	10	10	40	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Reduzir pontos de acúmulo de água	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ter baixa manutenção	5	0	0	0	0	0	20	20	0	20	20	20	20	0	10	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ter fácil manutenção	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	20	0	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ter baixo custo de Operação	8	0	20	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	10	0	0	0	10	20	40	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ter interface simples e adequada aos padrões culturais dos	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Interface	6	10	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	20	0	0	0	10	10	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Simbolizar equipamento industrial	4	10	30	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ser de fácil uso	7	20	30	0	10	0	10	0	10	0	0	0	0	10	30	30	0	0	0	30	30	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Peso aproximado de 50Kg	4	0	0	0	0	10	0	0	0	20	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ser de fácil instalação	4	0	0	0	0	10	20	20	0	0	0	0	0	10	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ter baixo custo de produção	6	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	20	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Usar peças normatizadas (catálogo)	7	0	30	0	0	0	0	0	0	20	0	20	20	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ter fácil acesso aos mecanismos	4	20	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Usar ferramentas Padronizadas	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Permitir troca de componentes	4	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
pequenos e médios produtores.	10	10	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Estar adequado às normas ambientais	7	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	20	30	0	0	0	0	0	0	30	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Estar adequado às normas da Marinha do Brasil	9	0	0	0	40	0	0	0	0	0	30	30	0	0	0	0	0	0	30	30	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Normatização																																					
			370	380	370	140	140	330	280	120	150	340	300	210	350	370	410	400	190	150	70	570	630	320	210	440	300	390									
		%	4,58	4,71	4,58	1,73	1,73	4,09	3,47	1,49	1,86	4,21	3,72	2,6	4,34	4,58	5,08	4,96	2,35	1																	

Apêndice B – Relatório de análise estrutural do programa COSMOSXpress®

Tensão analysis of trave de arco sem apoios assimétrica

1. [File Information](#)
2. [Materials](#)
3. [Load & Restraint Information](#)
4. [Study Property](#)
5. [Tensão Results](#)
6. [Deformation Results](#)
7. [Design Check Results](#)
8. [Appendix](#)

1. File Information

Model name: trave de arco sem apoios assimétrica
Model location: D:\Aldrwin\mestrado\Projeto sistema 280205\Estrutura arco\trave de arco sem apoios assimétrica.SLDPRT
Results location: F:\Projeto sistema 280205
Study name: COSMOSXpressStudy

2. Materials

No.	Part Name	Material	Mass	Volume
1	trave de arco sem apoios assimétrica	<u>[SW]AISI 1020</u>	15.7279 kg	0.0121175 m ³

3. Load & Restraint Information

Restraint	
Restraint1 <>	on 4 Face(s) immovable (no translation).
Description:	
Restraint2 <>	on 4 Face(s) immovable (no translation).
Description:	
Restraint3 <>	on 2 Face(s) immovable (no translation).
Description:	

Load	
Load1 <>	on 2 Face(s) apply normal force -3500 N using uniform distribution

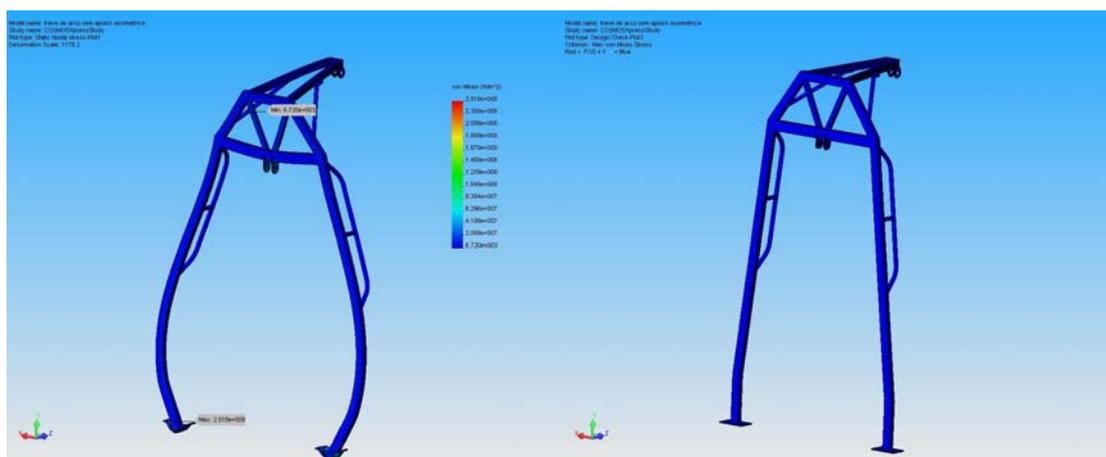
4. Study Property

Mesh Information	
Mesh Type:	Solid mesh
Mesher Used:	Standard
Automatic Transition:	Off
Smooth Surface:	On
Jacobian Check:	4 Points
Element Size:	22.972 mm
Tolerance:	1.1486 mm
Quality:	High
Number of elements:	17077
Number of nodes:	34005

Solver Information	
Quality:	High
Solver Type:	FFE

5. Tensão Results

Name	Type	Min	Location	Max	Location
Plot1	VON: von Mises tensão	6719.94 N/m ²	(261.055 mm, 1942.84 mm, 124.516 mm)	2.51819e+008 N/m ²	(606.307 mm, -6 mm, 28.4637 mm)



6. Deformation Results

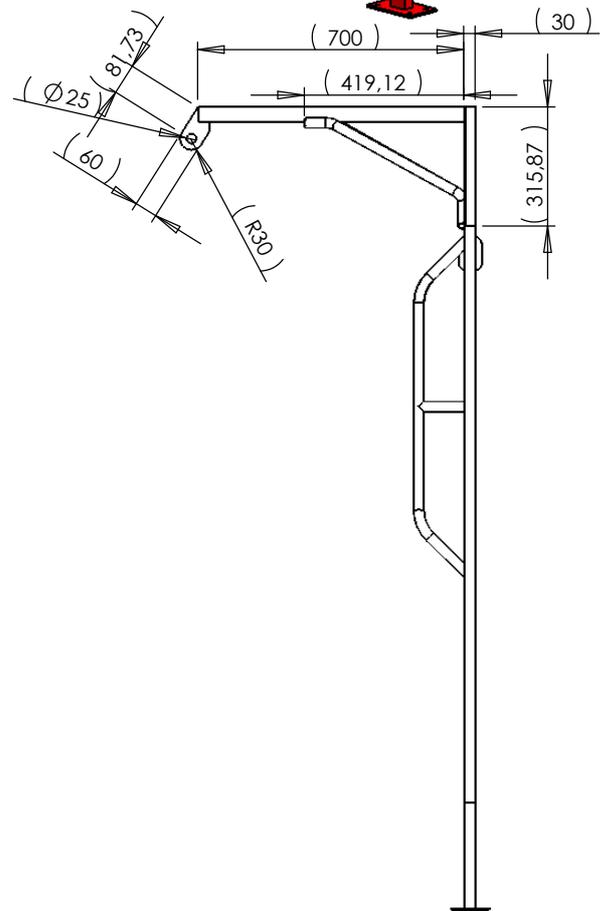
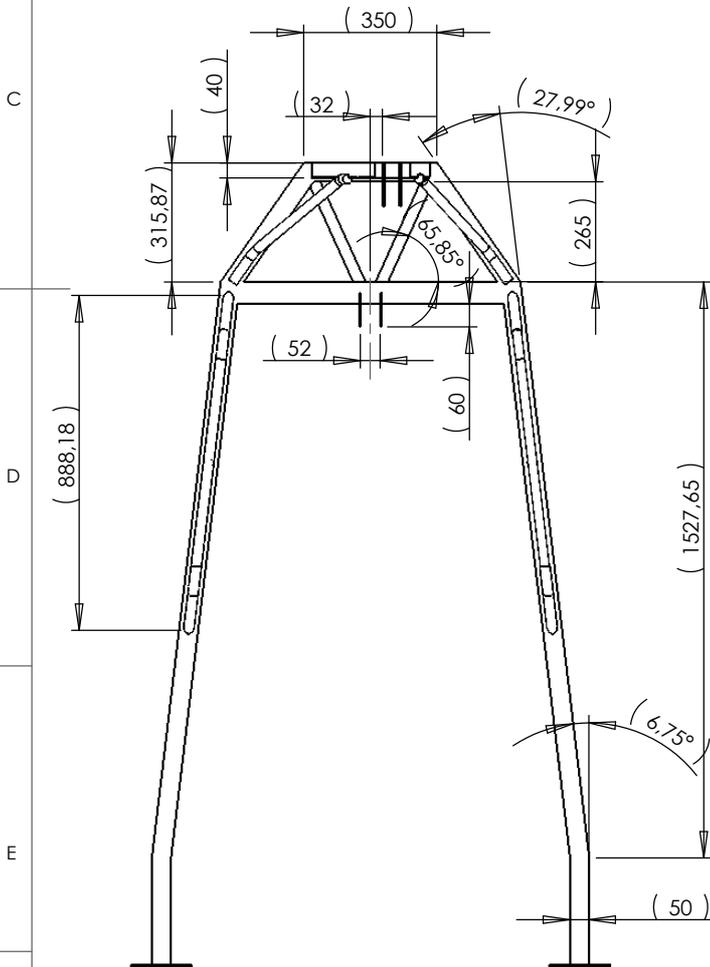
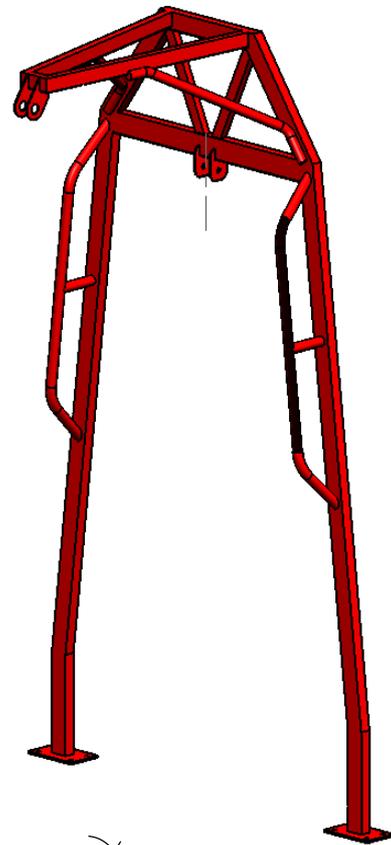
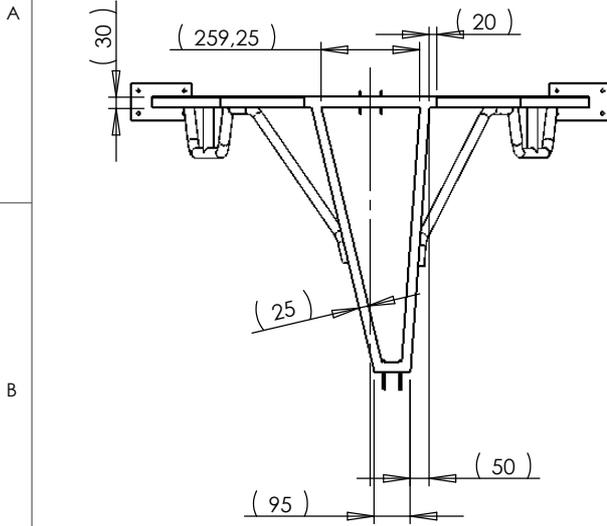
Plot No.	Scale Factor
1	1178.2

7. Appendix

Material name: [SW]AISI 1020
Description:
Material Source: Used SolidWorks material
Material Library Name:
Material Model Type: Linear Elastic Isotropic
Unit system: SI

Property Name	Value
Elastic modulus	2e+011 N/m ²
Poisson's ratio	0.29
Yield strength	3.5157e+008 N/m ²
Mass density	7900 kg/m ³

Apêndice C – Desenhos Técnicos



Material: Tubo de aço perfil retangular 50 x 30 x 1,5 mm

ESCALA:1:20

Nome do arquivo:
trave de arco sem apoios assimetrica

SSC:
Sistema de Suporte Elevado

Desenho:
01 FOLHA 1 DE 1

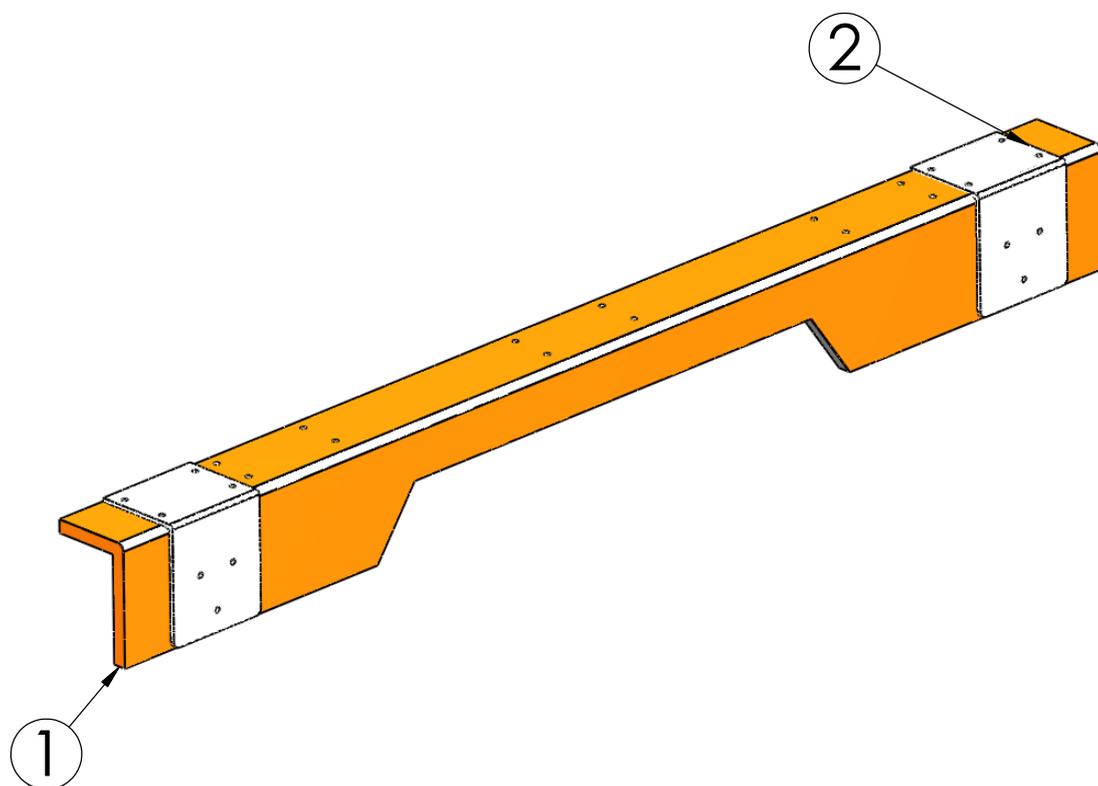
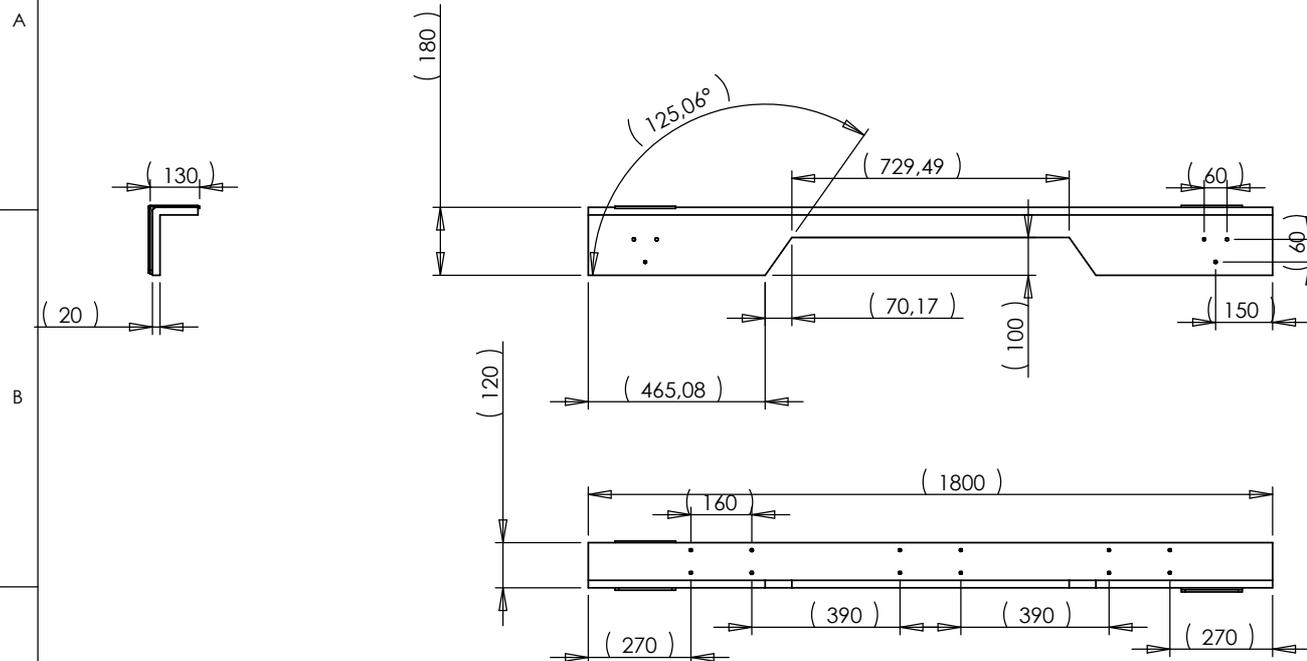
Responsável projeto | desenhos:
Aldrwin Hamad

Projeto:
**Sistema de deslocamento
embarcado de lanternas
de cultivo de ostras**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA
- POSMEC -



A4



Item	Parte	Qt.
1	prancha madeira	1
2	Chapa de Fixação embarcação	2

Material:

ESCALA:1:20

Nome do arquivo:
conjunto pranchas 2_0SSC:
Subsistema de apoio e união componentes/embarcaçãoDesenho:
02 FOLHA 1 DE 1Responsável projeto | desenhos:
Aldrwin HamadProjeto:
**Sistema de deslocamento
embarcado de lanternas
de cultivo de ostras**UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA
- POSMEC -

A4

1

2

3

4

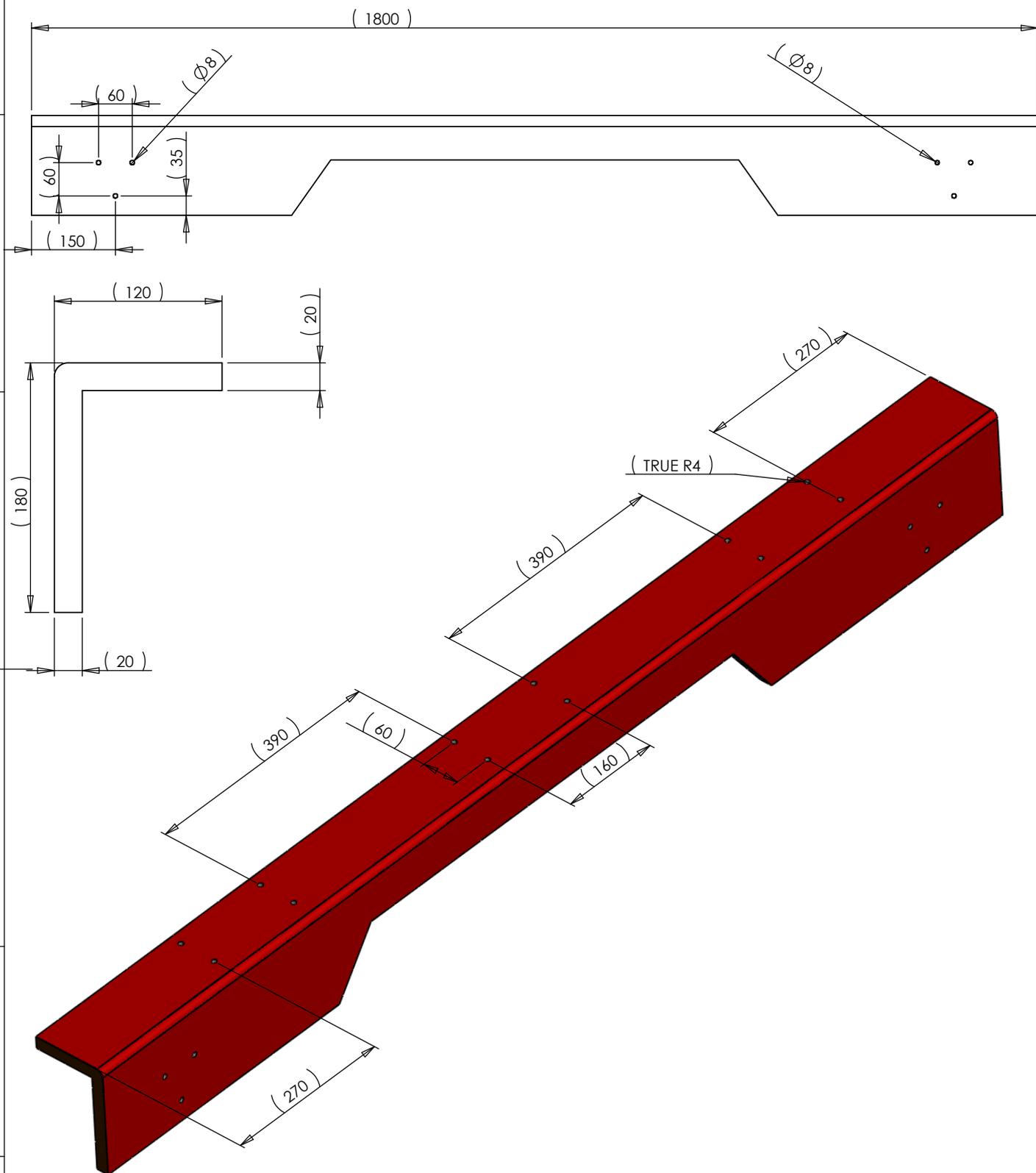
A

B

C

D

E



Material: Madeira Angelim Pedra - 1800 x 220 x 20 mm

ESCALA:1:10

Nome do arquivo:
prancha madeira

SSC:
Prancha de Madeira

Desenho:
2.01

FOLHA 1 DE 1

F

Responsável projeto | desenhos:
Aldrwin Hamad

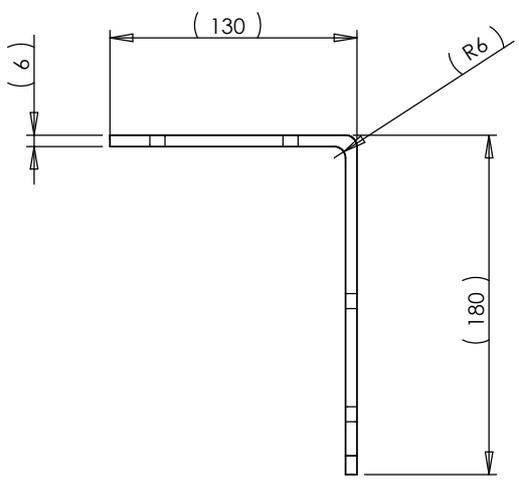
Projeto:
**Sistema de deslocamento
embarcado de lanternas
de cultivo de ostras**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA
- POSMEC -

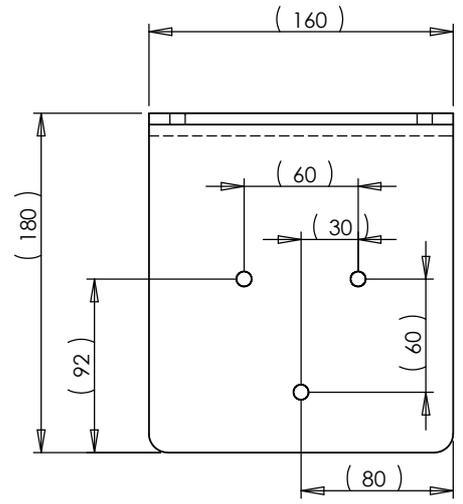


A4

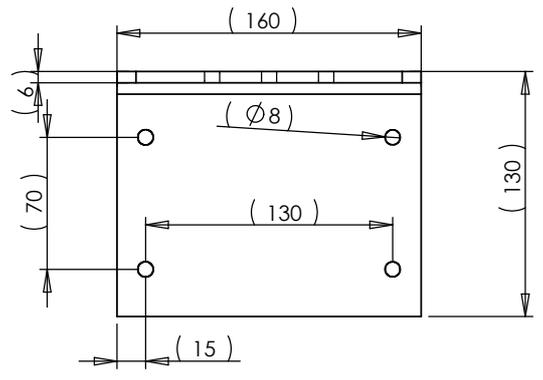
A



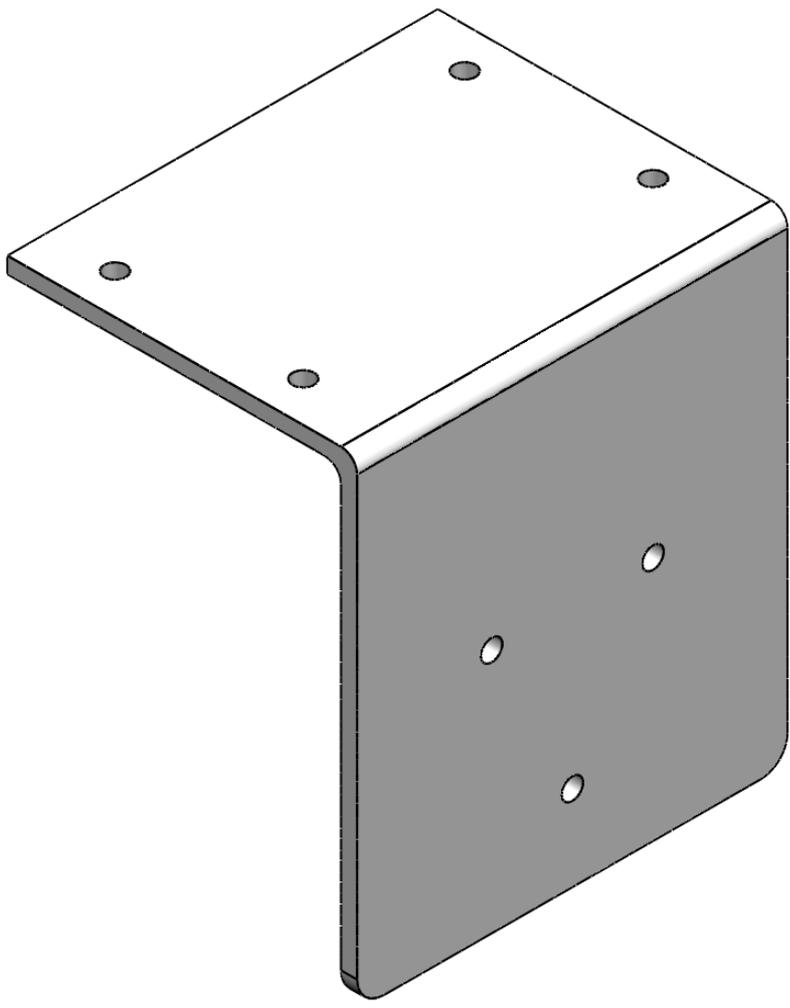
B



C



D



E

Material: Chapa de Aço 1020 esp.: 6,0 mm ESCALA:1:4

Nome do arquivo: chapa fixacao embarcacao	SSC: Chapa de fixação embarcação Prancha de madeira	Desenho: 2.02	FOLHA 1 DE 1
--	--	-------------------------	--------------

F

Responsável projeto desenhos: Aldrwin Hamad	Projeto: Sistema de deslocamento embarcado de lanternas de cultivo de ostras	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - POSMEC -		A4
---	--	---	---	-----------

A

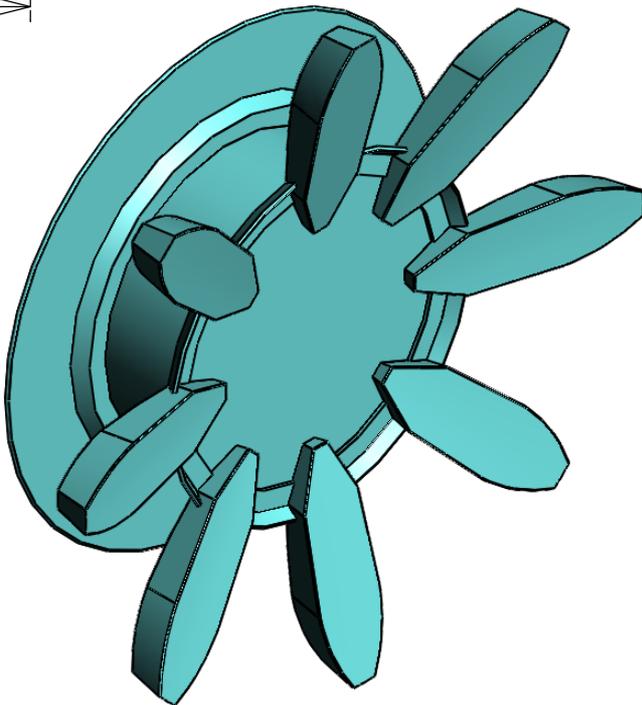
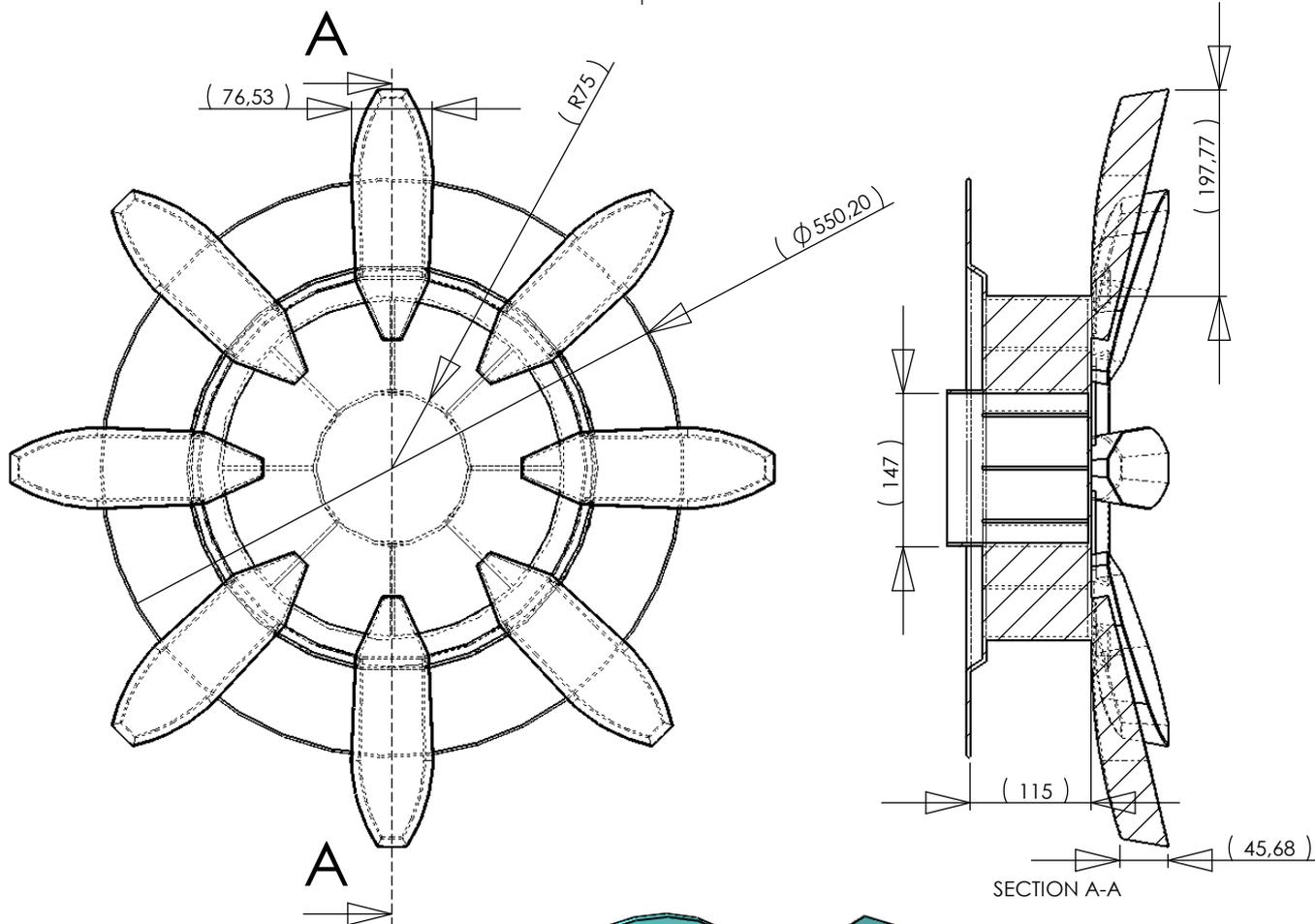
B

C

D

E

F



Material: Chapa de aço galvanizado 1,2 mm

ESCALA:1:7

Nome do arquivo:
roda estrela

SSC:
Roda estrela

Desenho: 03 FOLHA 1 DE 1

Responsável projeto | desenhos:
Aldrwin Hamad

Projeto:
**Sistema de deslocamento
embarcado de lanternas
de cultivo de ostras**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA
- POSMEC -



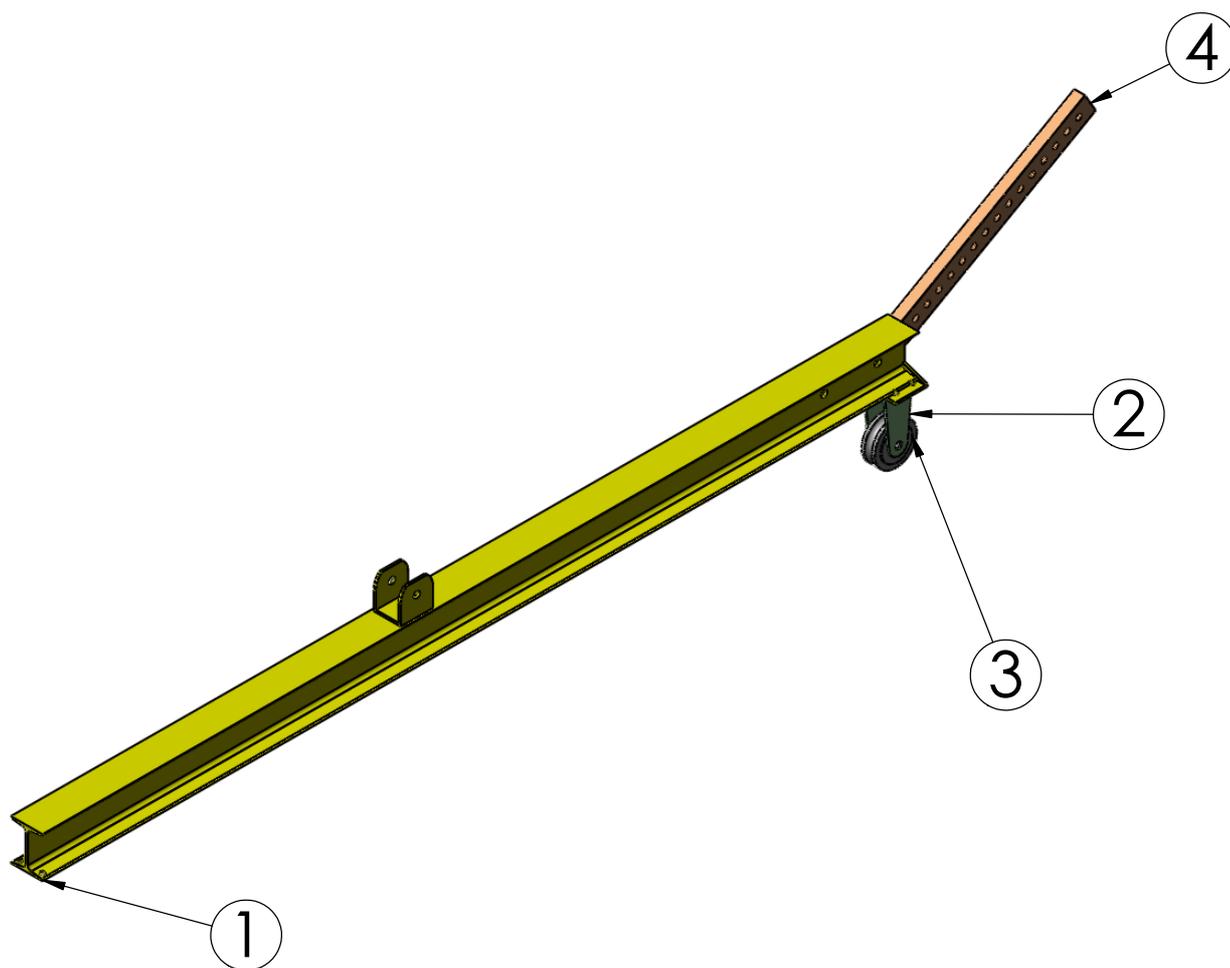
A4

A

B

C

D



E

F

ITEM NO.	PARTE	QT.
1	viga i simples	1
2	mancau roldana grande	1
3	roldana 75	1
4	barra ajuste diagonal	1

Material:

ESCALA:1:10

Nome do arquivo:
viga i montada

SSC:
Viga I

Desenho: 04 FOLHA 1 DE 1

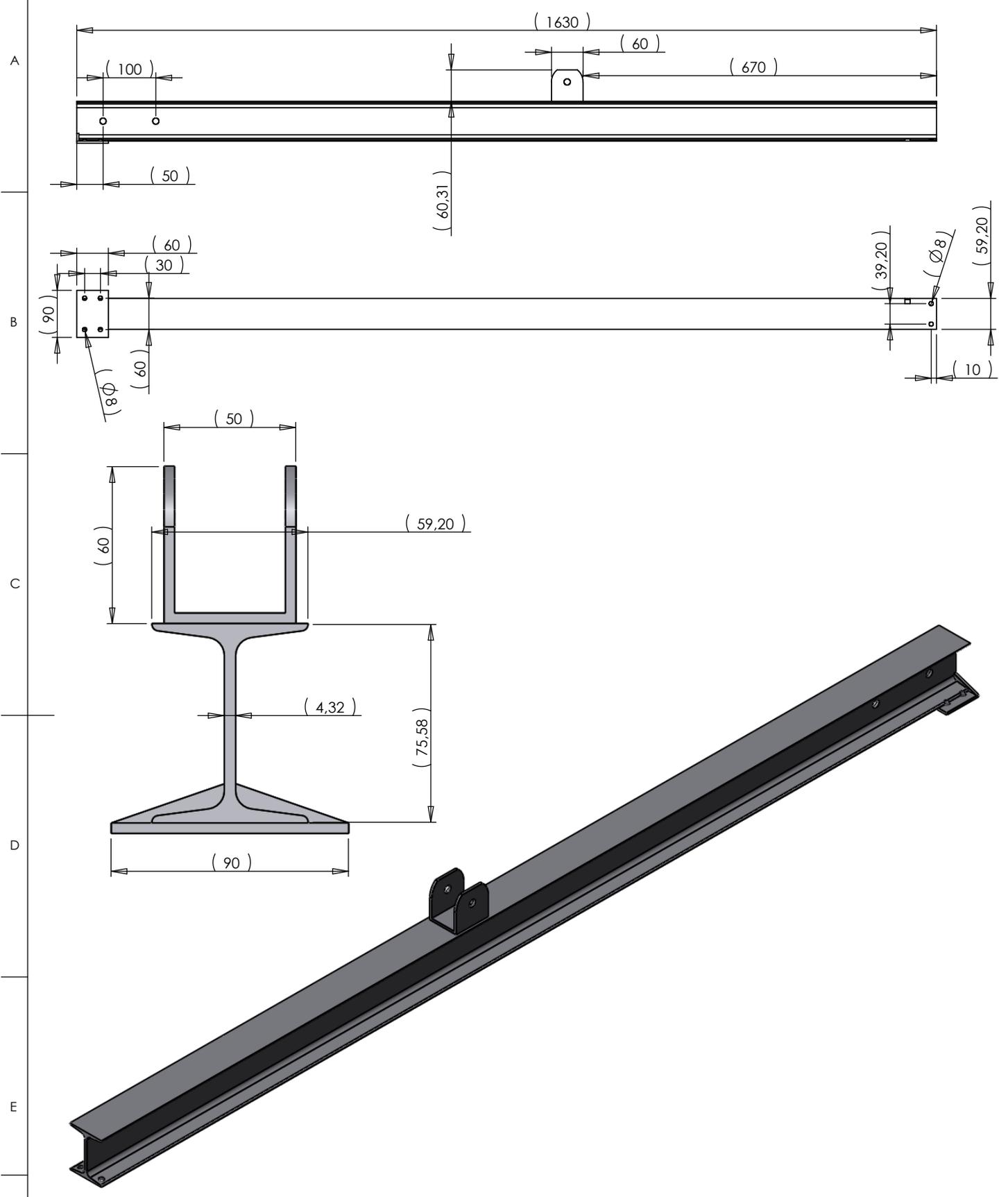
Responsável projeto | desenhos:
Aldrwin Hamad

Projeto:
**Sistema de deslocamento
embarcado de lanternas
de cultivo de ostras**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA
- POSMEC -



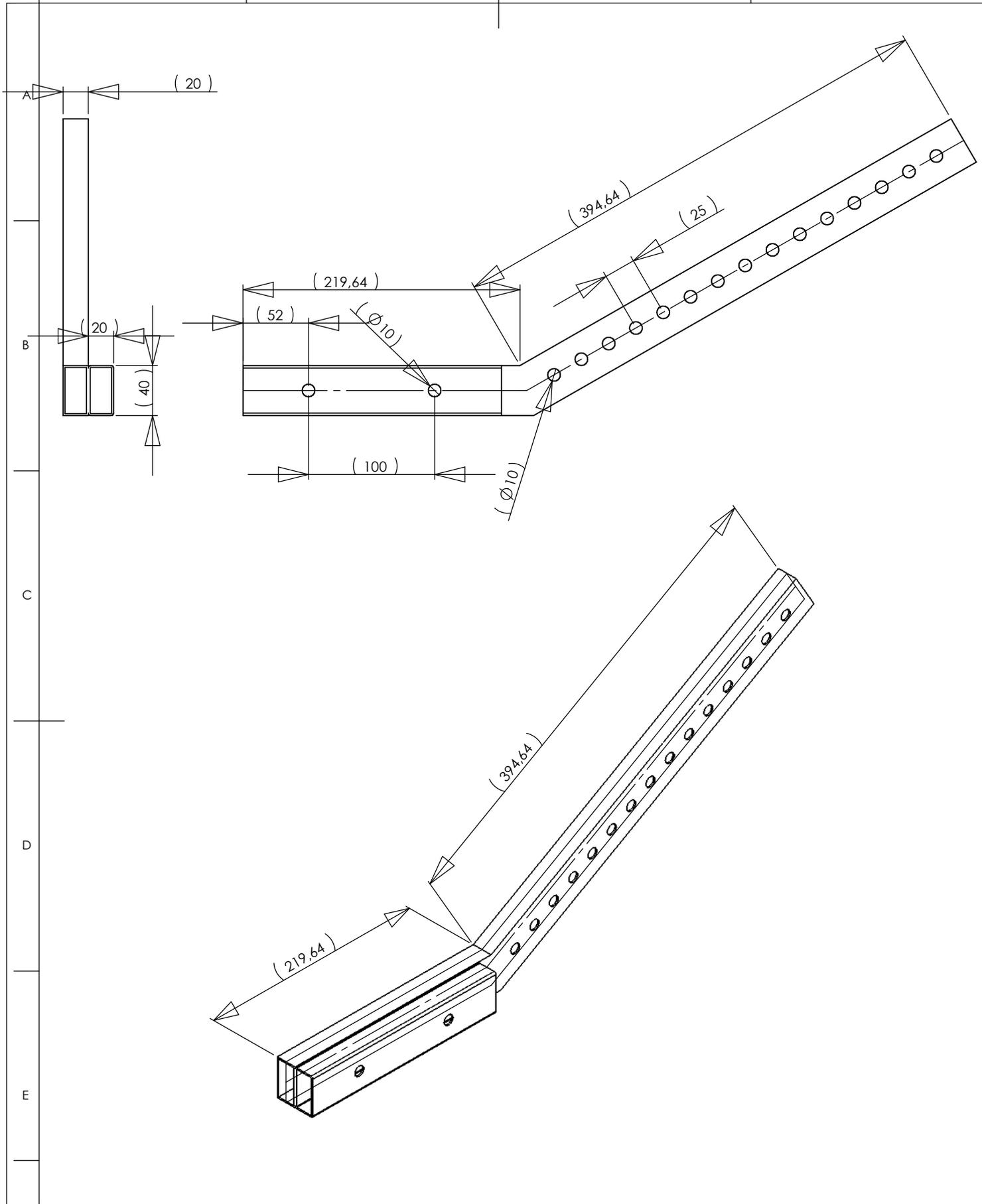
A4



Material: perfil tipo I de 76,2 x 59,2 mm tendo 4,32 mm de alma ESCALA:1:10

Nome do arquivo: viga i simples	SSC: Viga I	Desenho: 4.01	FOLHA 1 DE 1
------------------------------------	----------------	------------------	--------------

Responsável projeto desenhos: Aldrwin Hamad	Projeto: Sistema de deslocamento embarcado de lanternas de cultivo de ostras	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - POSMEC -	
---	--	--	---



C

D

E

F

Material: Tubo de aço perfil retangular 50 x 30 x 1,5 mm ESCALA:1:4

Nome do arquivo: barra ajuste diagonal	SSC: Viga I - Barra de Ajuste Diagonal	Desenho: 4.01	FOLHA 1 DE 1
---	---	------------------	--------------

Responsável projeto desenhos: Aldrwin Hamad	Projeto: Sistema de deslocamento embarcado de lanternas de cultivo de ostras	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - POSMEC -	 A4
---	--	---	--

1

2

3

4

A

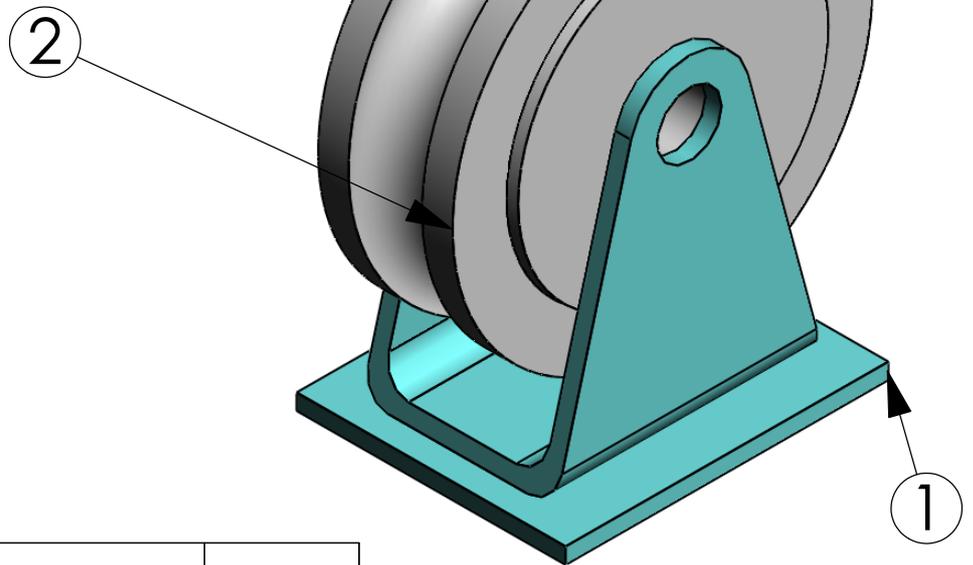
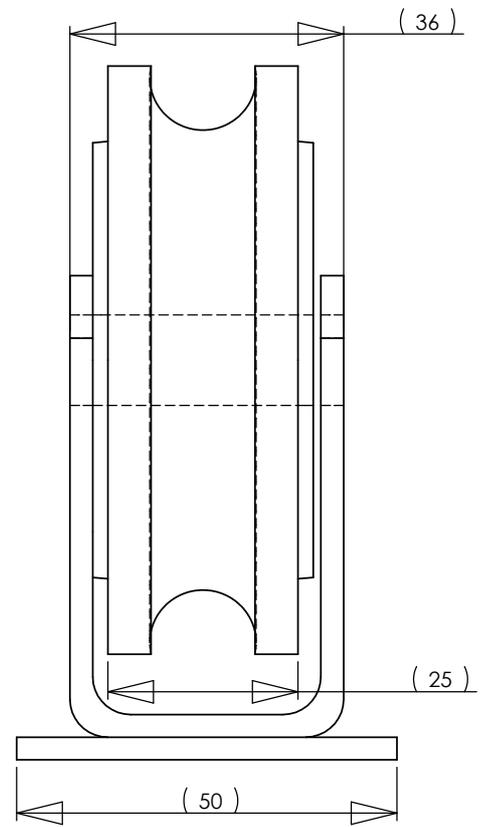
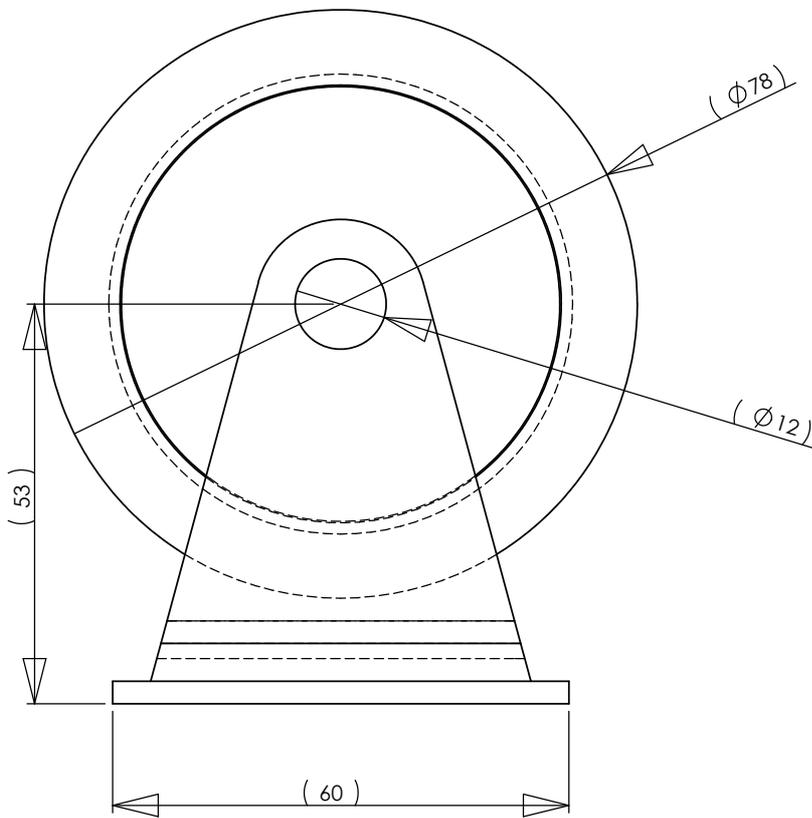
B

C

D

E

F



ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	mancau roldana peq	1
2	roldana 75	1

Material:

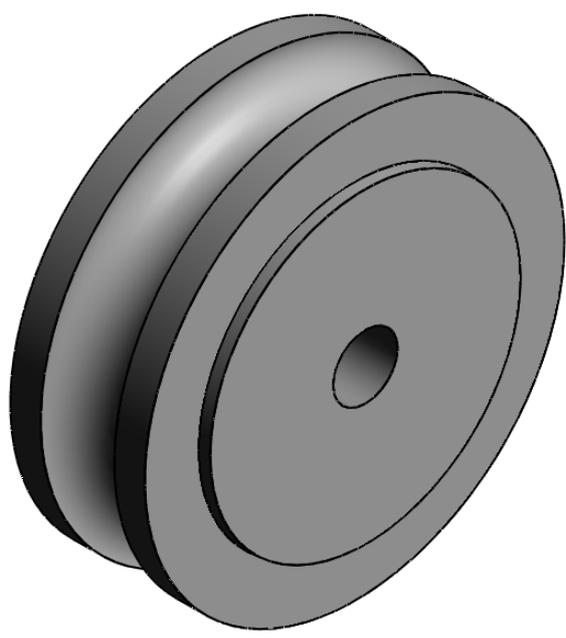
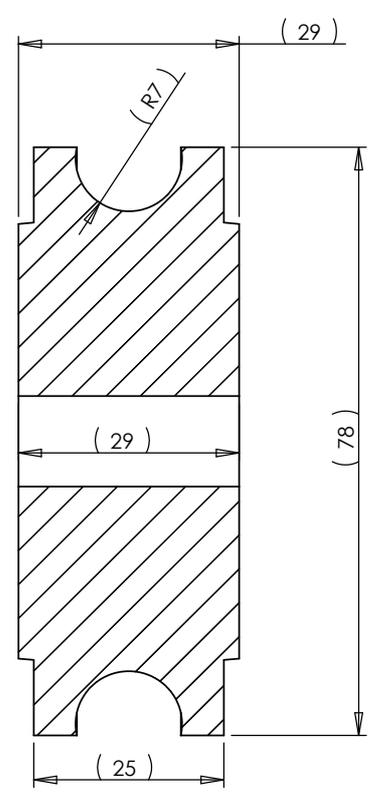
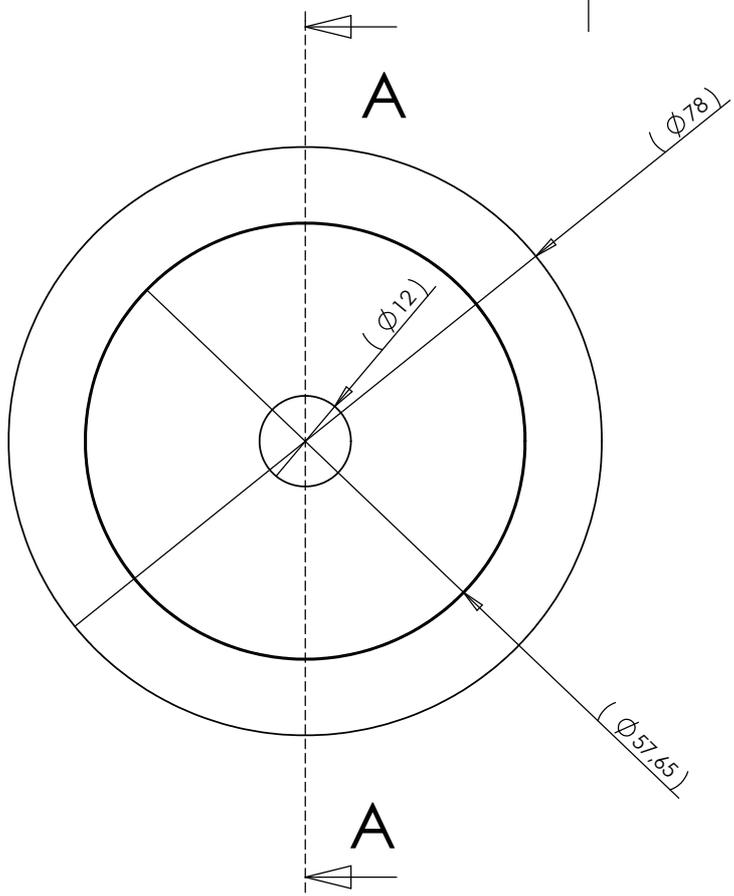
ESCALA:1:1

Nome do arquivo:
conjunto mancau Roldana 50mmSSC:
Viga I - Mancau c/ roldana - 50 mmDesenho:
4.02

FOLHA 1 DE 1

Responsável projeto | desenhos:
Aldrwin HamadProjeto:
**Sistema de deslocamento
embarcado de lanternas
de cultivo de ostras**UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA
- POSMEC -

A4



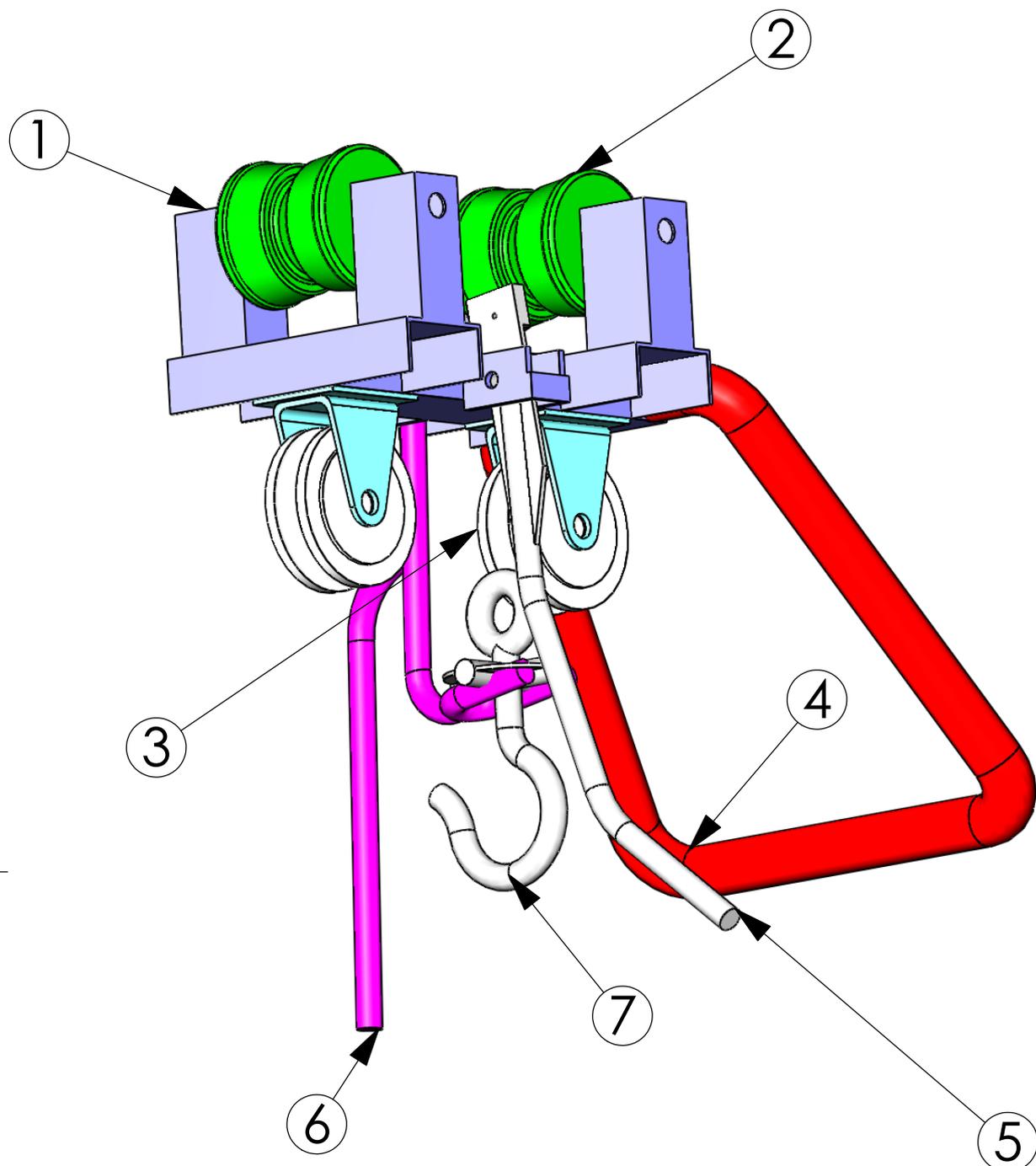
Material: Nylon 6		ESCALA:1:1	
Nome do arquivo: roldana 75		SSC: Viga I Mancau c/ roldana Roldana Nylon 75 mm	Desenho: 4.2.1
FOLHA 1 DE 1			
Responsável projeto desenhos: Aldrwin Hamad	Projeto: Sistema de deslocamento embarcado de lanternas de cultivo de ostras	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - POSMEC -	 A4

A

B

C

D



E

F

ITEM NO.	PARTE	QTY.
1	trole U estreito	1
2	roda trolley U	4
3	conjunto mancau Roldana 50mm	2
	mancau roldana peq	1
	roldana 75	1
4	macaneta trava corda simples	1
5	gancho pivotamento trava automatica	1
6	gancho trava lanterna	1
7	gancho da lanterna	1

Material:

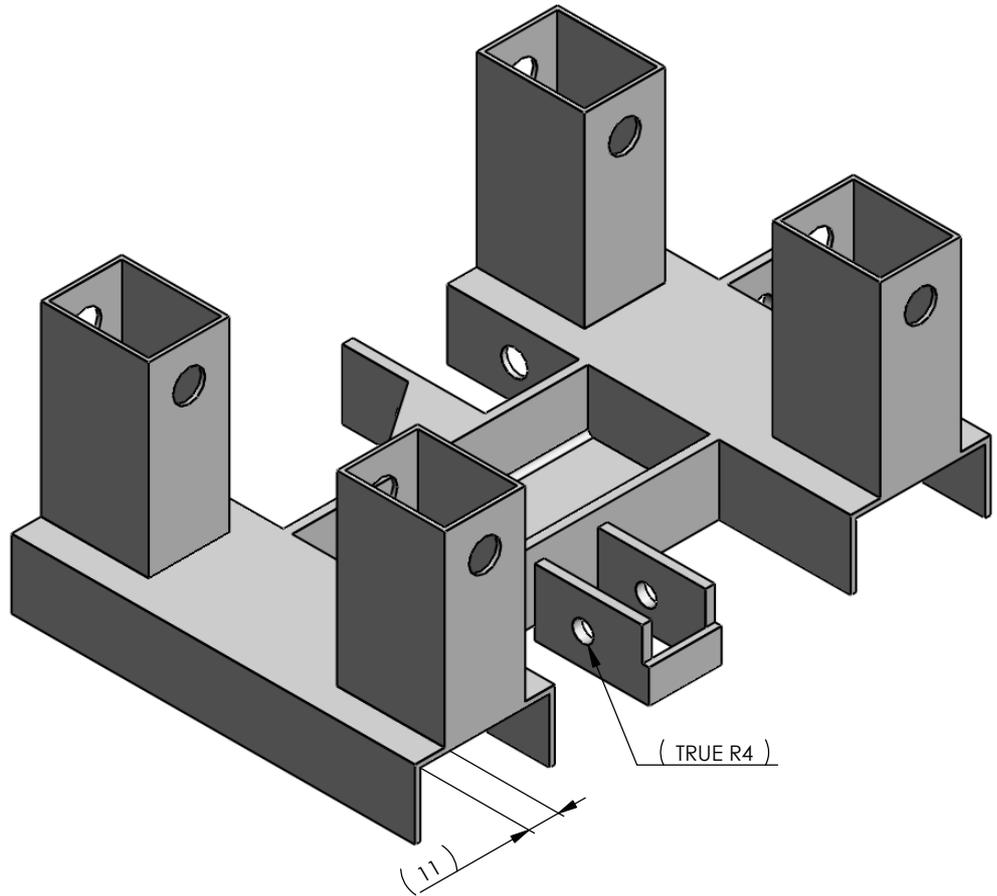
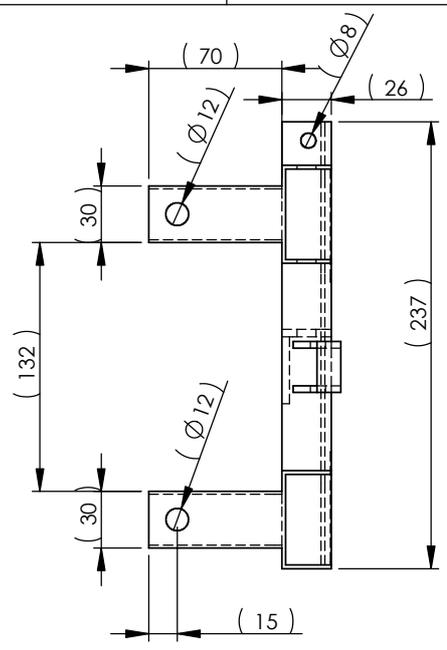
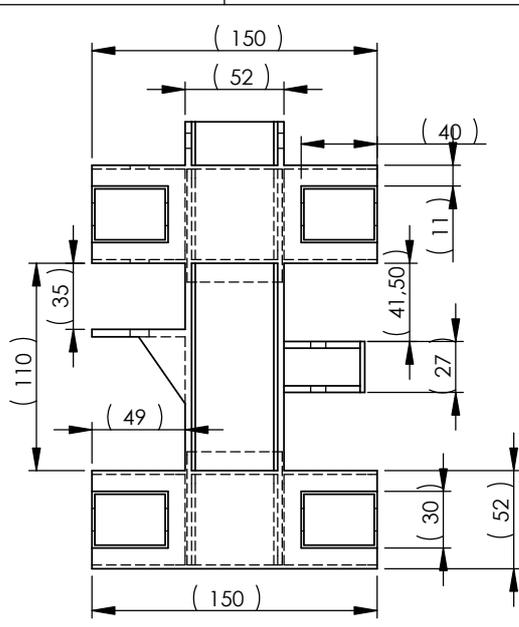
ESCALA:1:10

Nome do arquivo:
trole U MontadoSSC:
Trole montado

Desenho: 05 FOLHA 1 DE 1

Responsável projeto | desenhos:
Aldrwin HamadProjeto:
**Sistema de deslocamento
embarcado de lanternas
de cultivo de ostras**UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA
- POSMEC -

A4



Material: "U" 50,8 X 25,4 X2mm | Tubo retangular 30 x 40 mm | Barra chata 30 x 2,5 mm

ESCALA:1:4

Nome do arquivo:
trole U estreito

SSC:
Trole | Estrutura do Trole

Desenho:
5.1

FOLHA 1 DE 1

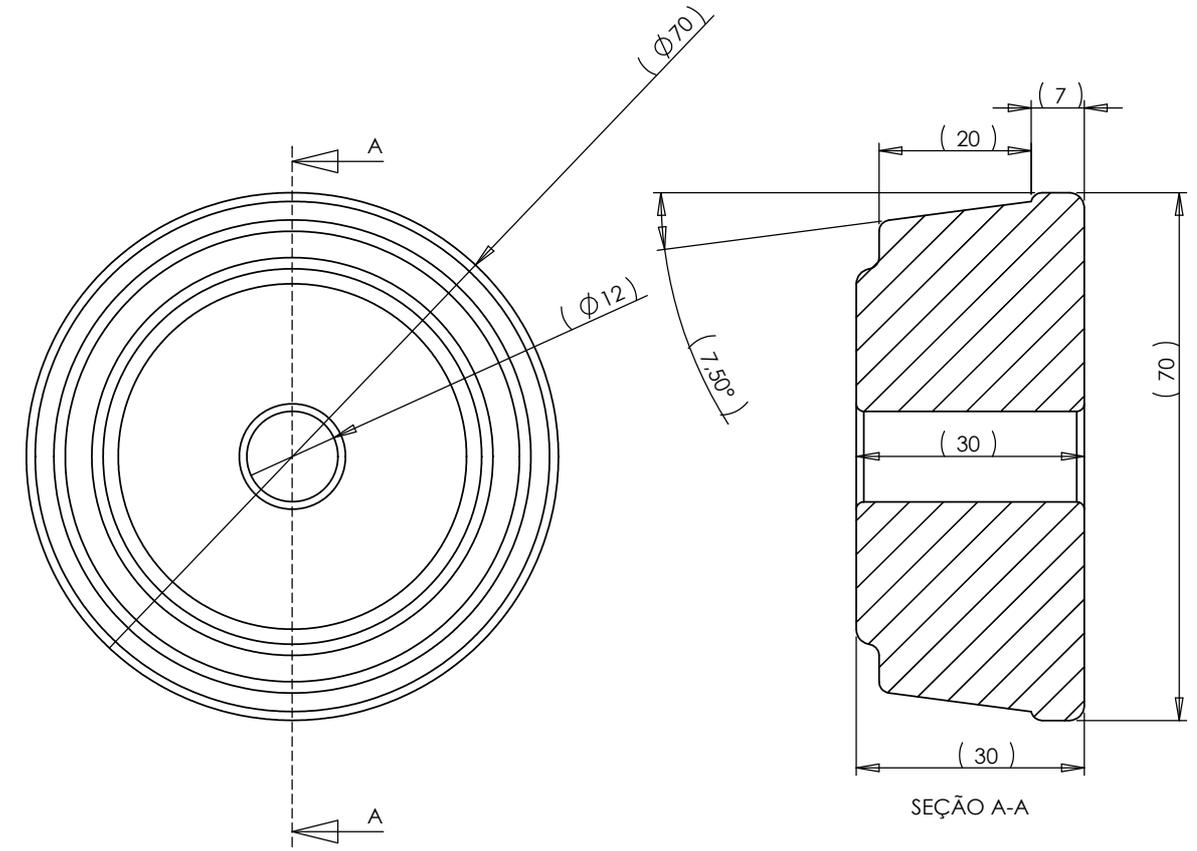
Responsável projeto | desenhos:
Aldrwin Hamad

Projeto:
Sistema de deslocamento embarcado de lanternas de cultivo de ostras

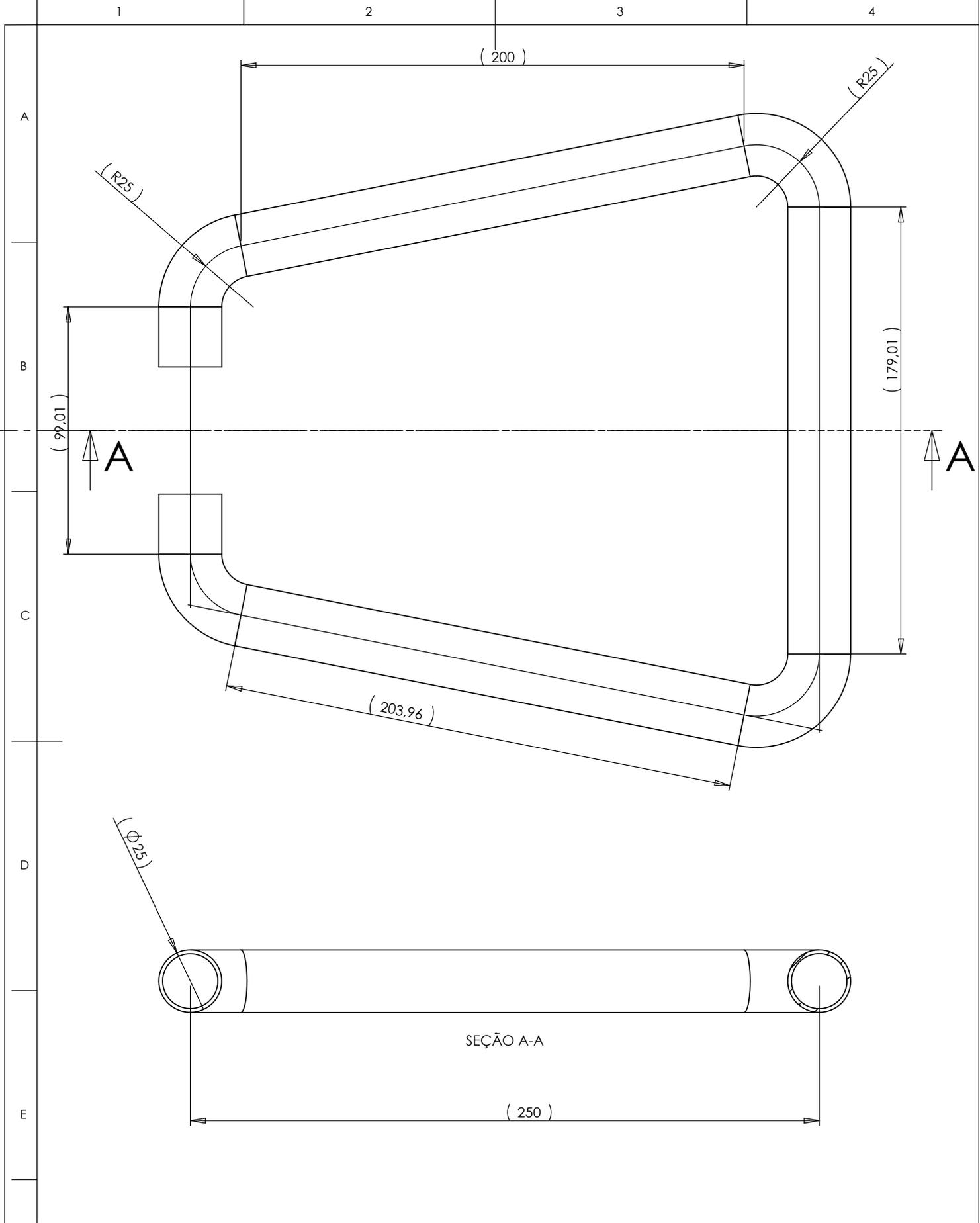
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
- POSMEC -



A4



Material: Nylon 6		ESCALA:1:1	
Nome do arquivo: roda trolley U		SSC: Trole roda trole	Desenho: 5.02 FOLHA 1 DE 1
Responsável projeto desenhos: Aldrwin Hamad	Projeto: Sistema de deslocamento embarcado de lanternas de cultivo de ostras	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - POSMEC -	 A4



Material: Tubo de aço perfil circular Ø 25 mm

ESCALA: 1:2

Nome do arquivo:
macaneta trava corda simples

SSC:
Alça de controle trole

Desenho:
5.04

FOLHA 1 DE 1

Responsável projeto | desenhos:
Aldrwin Hamad

Projeto:
**Sistema de deslocamento
embarcado de lanternas
de cultivo de ostras**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA
- POSMEC -**



A4

1

2

3

4

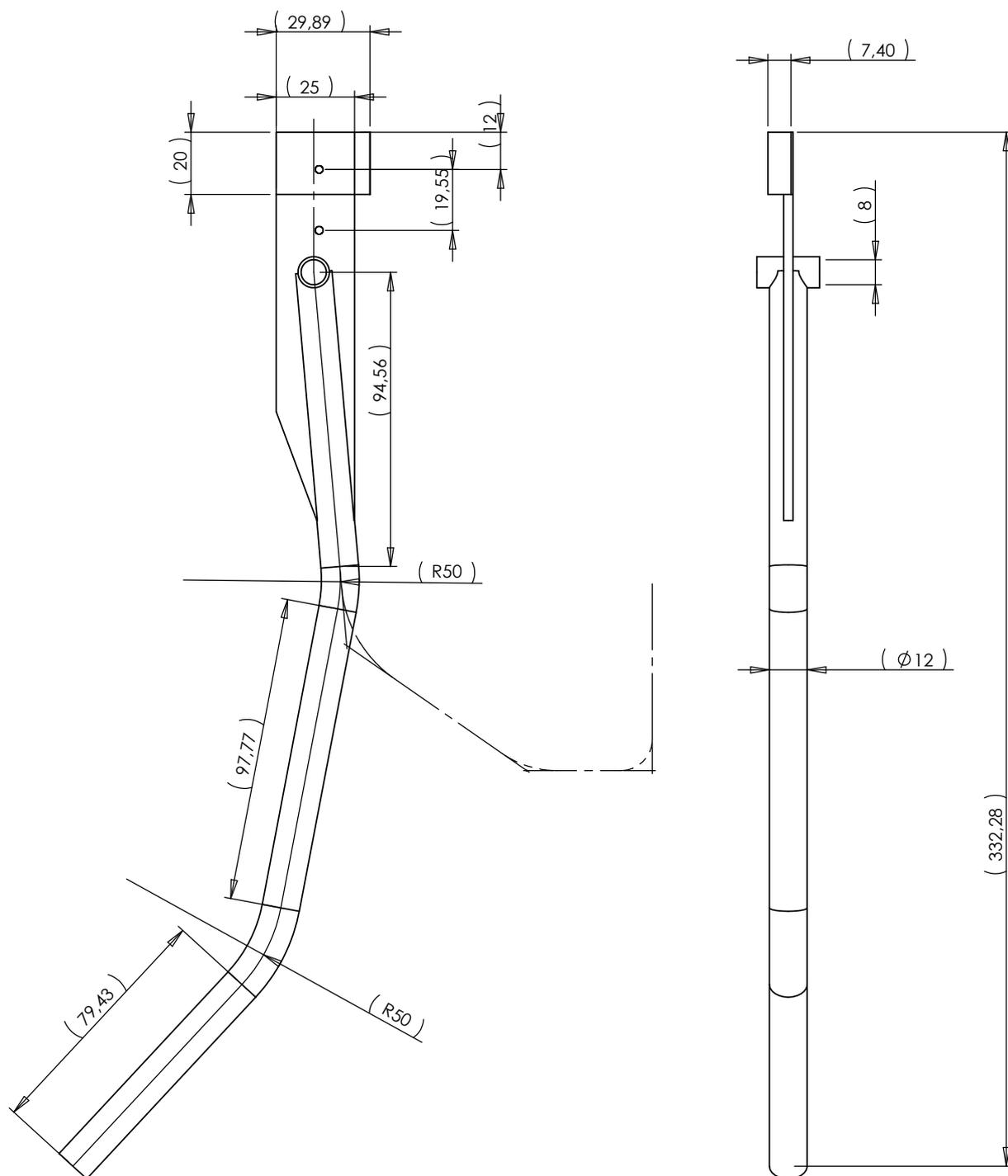
A

B

C

D

E



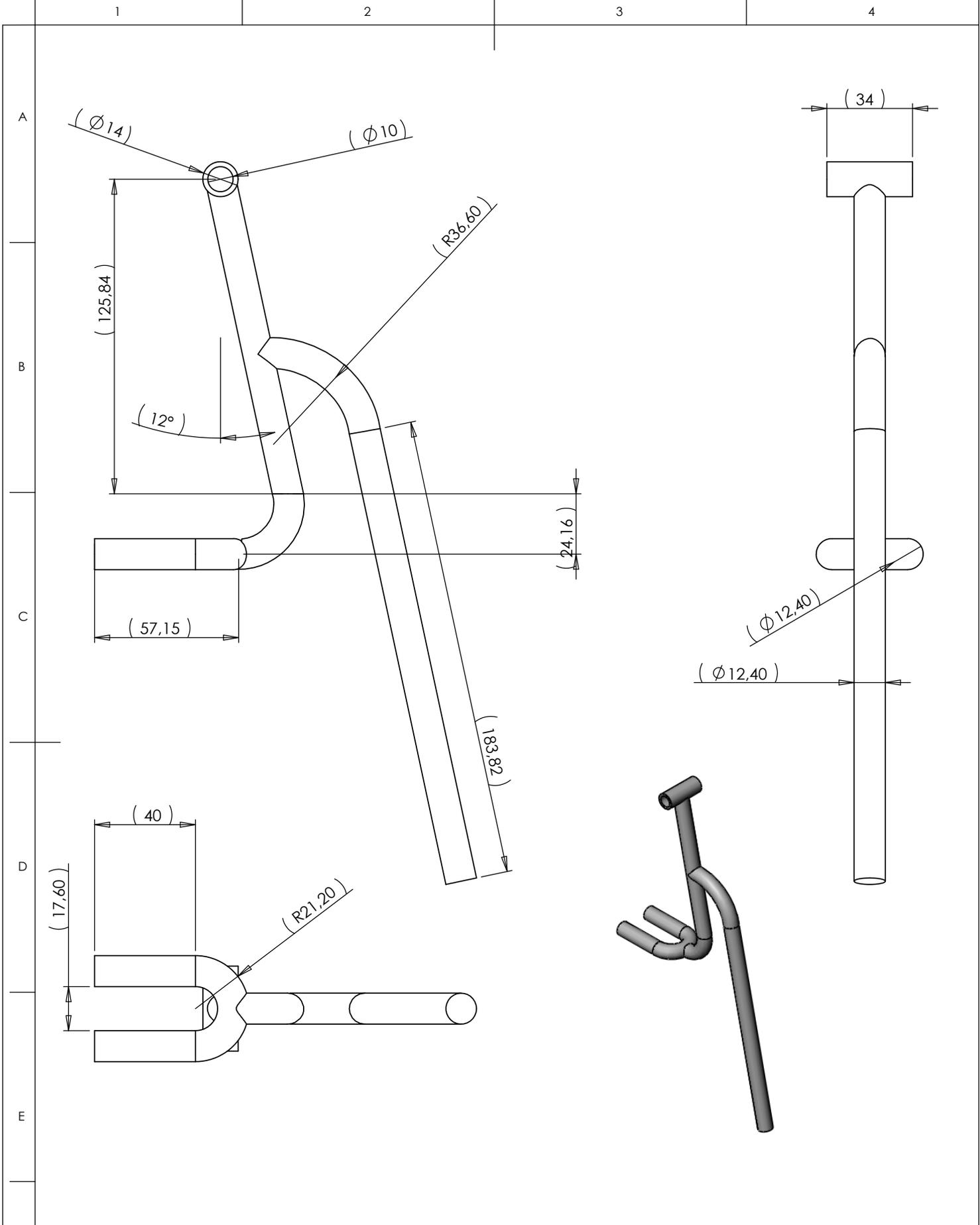
Material: Tubo de aço perfil retangular 50 x 30 x 1,5 mm

ESCALA:1:2

Nome do arquivo:
gancho pivotamento trava automaticaSSC:
Trole | Trava viga iDesenho:
5.05 FOLHA 1 DE 1Responsável projeto | desenhos:
Aldrwin HamadProjeto:
**Sistema de deslocamento
embarcado de lanternas
de cultivo de ostras**UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA
- POSMEC -

A4

F



Material: Tubo Aço 1020 Ø 12.4 mm

ESCALA: 1:5

Nome do arquivo:
gancho trava lanterna

SSC:
Trole | garfo travamento gancho lanterna

Desenho:
5.6

FOLHA 1 DE 1

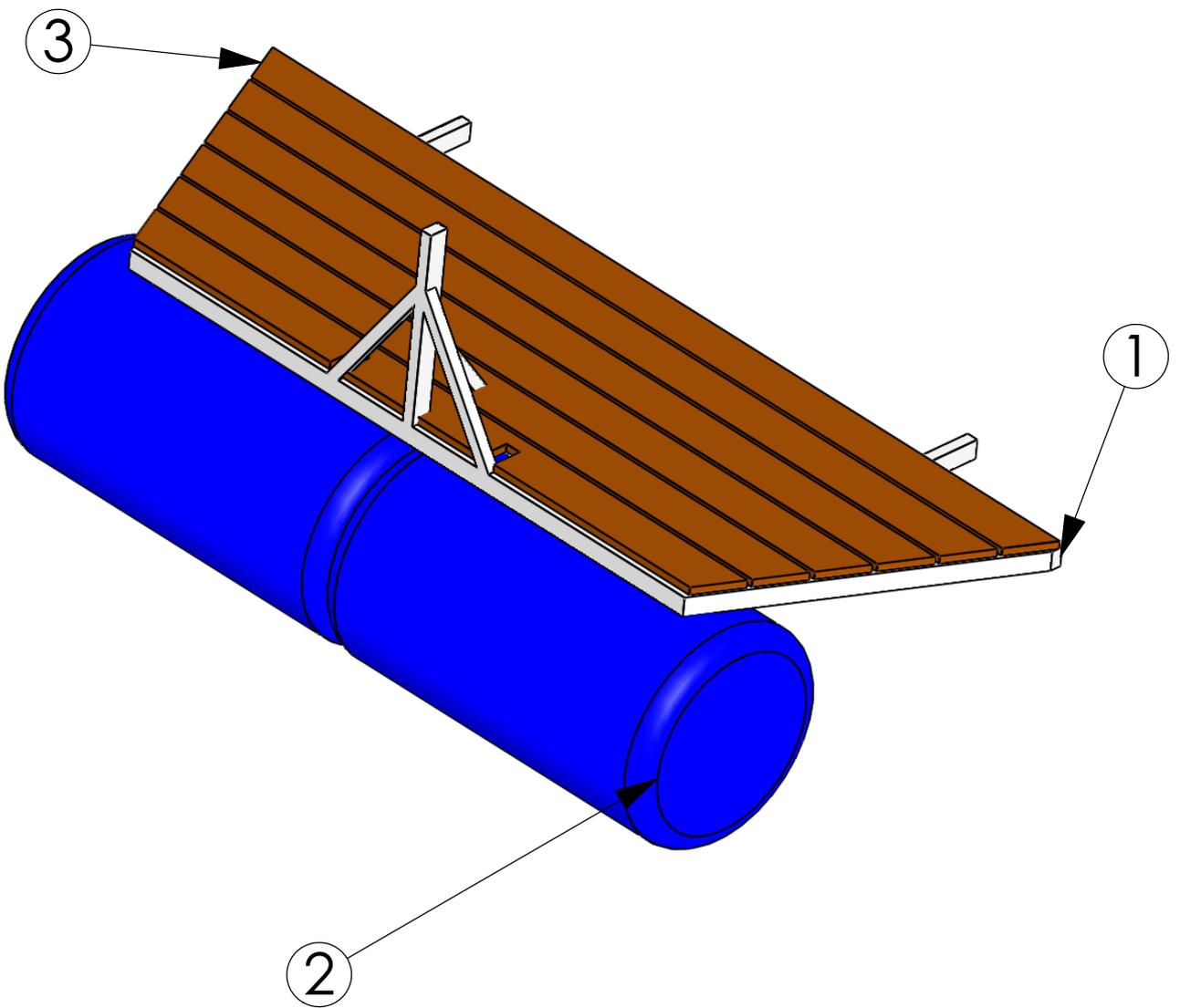
Responsável projeto | desenhos:
Aldrwin Hamad

Projeto:
**Sistema de deslocamento
embarcado de lanternas
de cultivo de ostras**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA
- POSMEC -**



A4



ITEM NO.	Parte	Qt.
1	plataforma externa	1
2	tanque bombona (tanque de 100 l)	2
3	estrado madeira plataforma	1

Material:

ESCALA:1:20

Nome do arquivo:
plataforma externa montada

SSC:
Plataforma de estabilização

Desenho: 06

FOLHA 1 DE 1

Responsável projeto | desenhos:
Aldrwin Hamad

Projeto:
**Sistema de deslocamento
embarcado de lanternas
de cultivo de ostras**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA
- POSMEC -**



A4

1

2

3

4

A

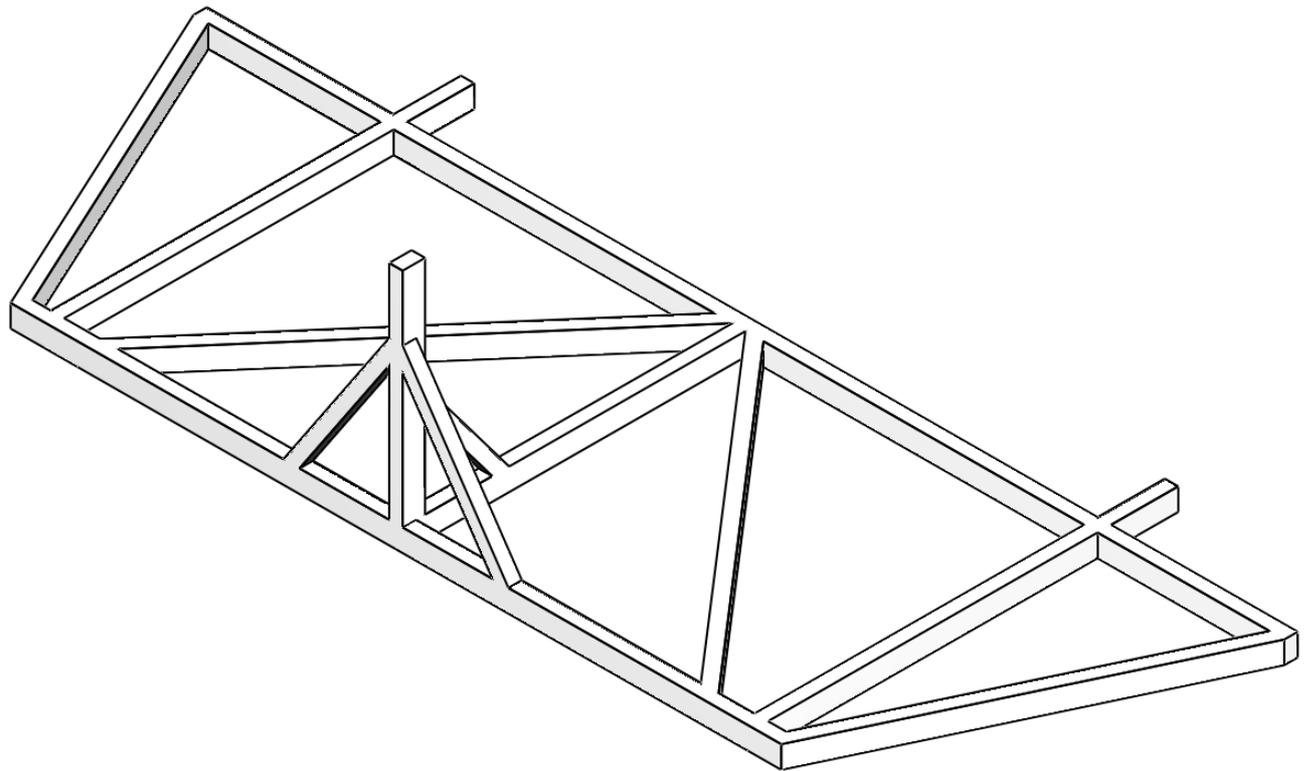
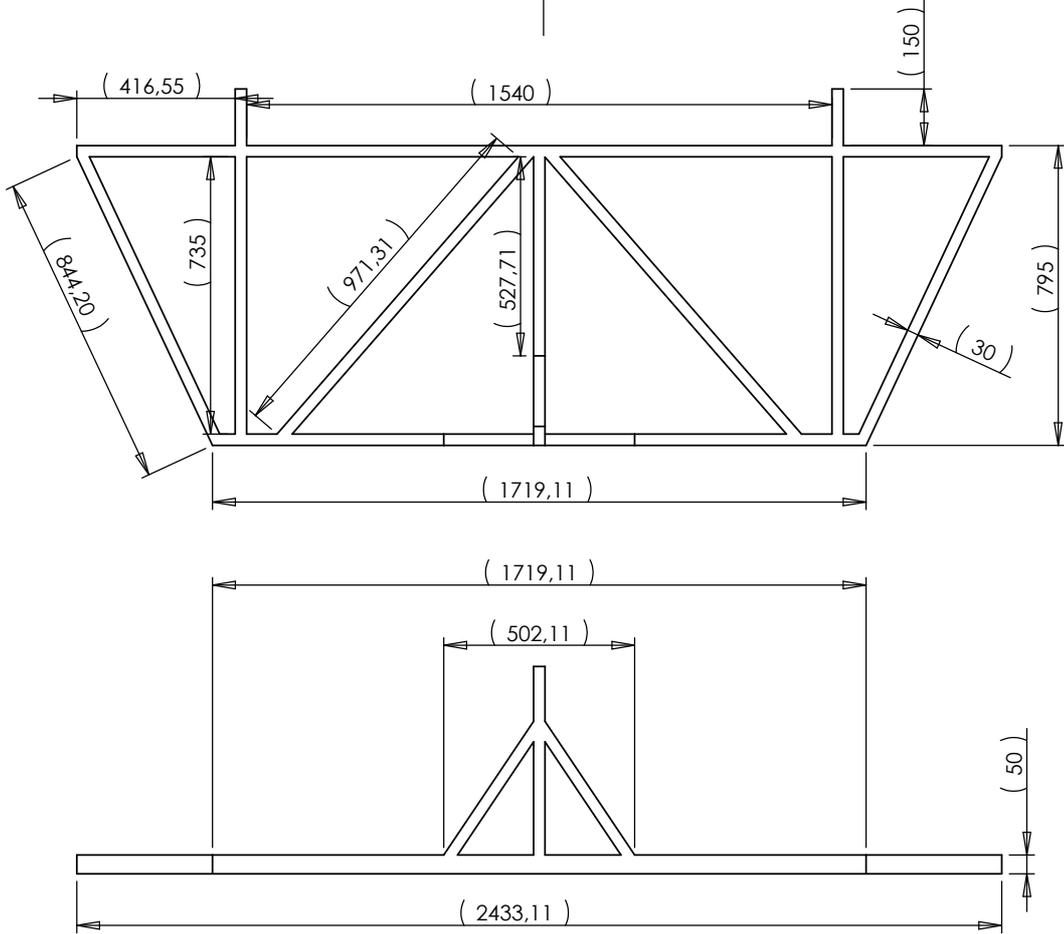
B

C

D

E

F



Material: Tubo de aço perfil retangular 50 x 30 x 1,5 mm

ESCALA:1:20

Nome do arquivo:
plataforma externa metalica

SSC:
Plataforma de estabilização

Desenho:
6.1

FOLHA 1 DE 1

Responsável projeto | desenhos:
Aldrwin Hamad

Projeto:
**Sistema de deslocamento
embarcado de lanternas
de cultivo de ostras**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA
- POSMEC -**



A4

A

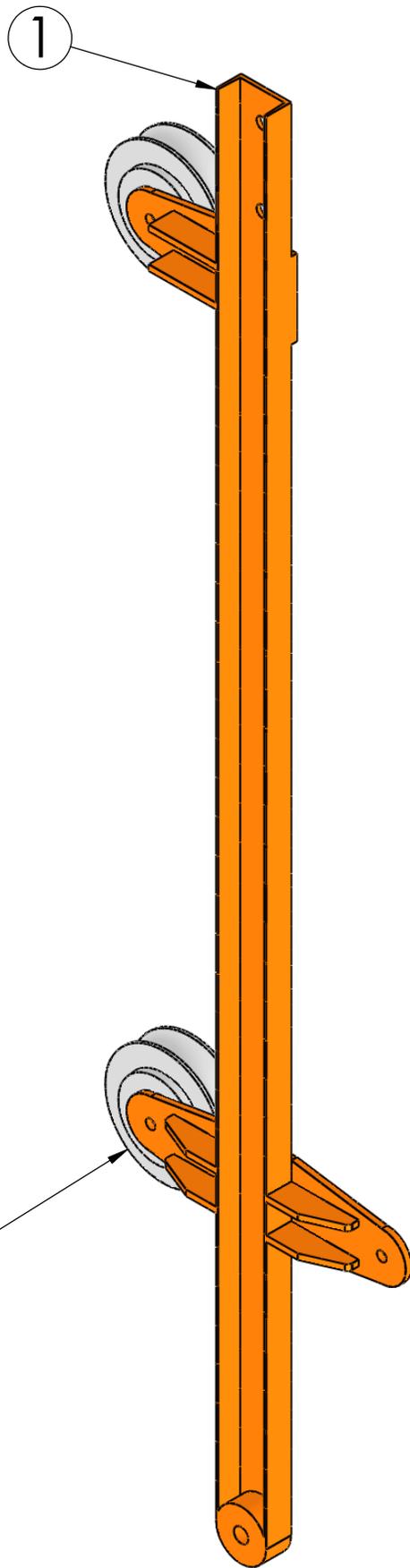
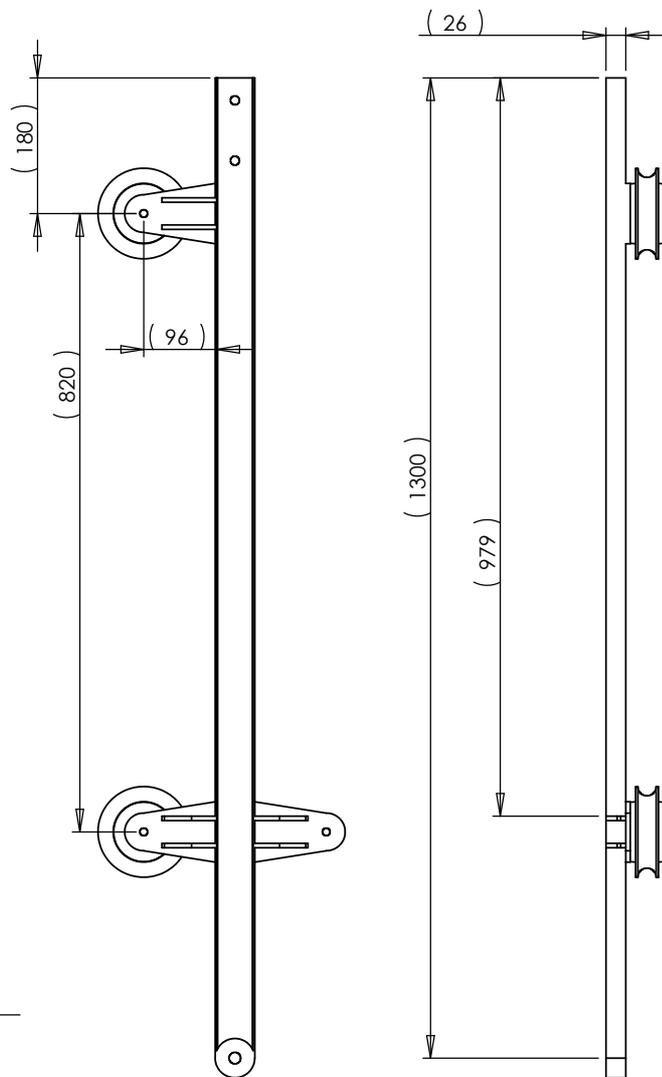
B

C

D

E

F



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	barra regulagem		1
2	roldana 120		2

Material:

ESCALA:1:10

Nome do arquivo:
haste de suporte montada

SSC:
Haste de suporte

Desenho: 07 FOLHA 1 DE 1

Responsável projeto | desenhos:
Aldrwin Hamad

Projeto:
**Sistema de deslocamento
embarcado de lanternas
de cultivo de ostras**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA
- POSMEC -



A4

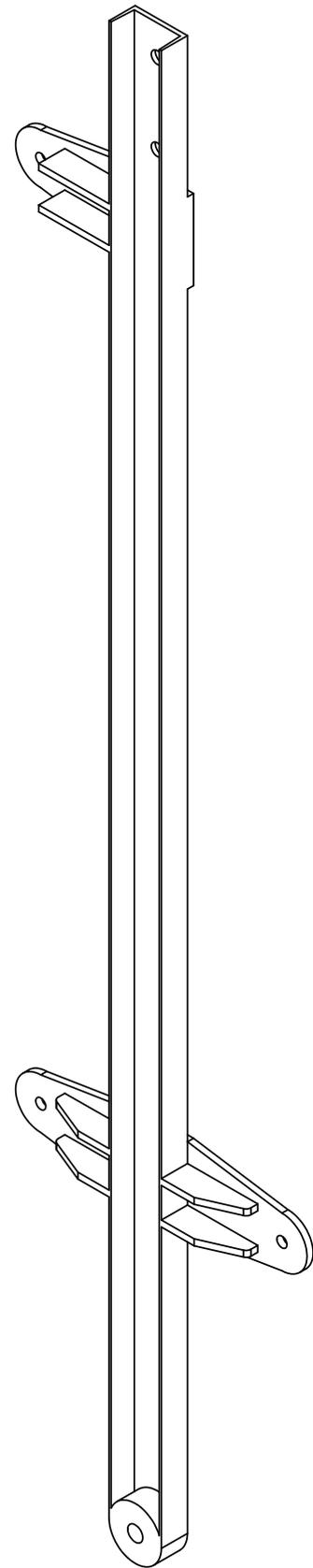
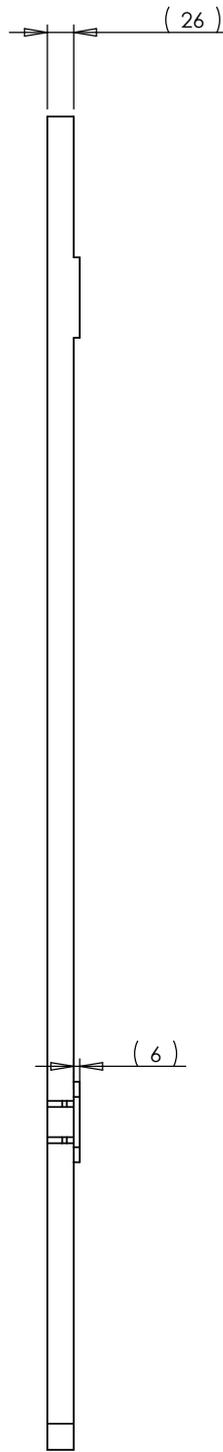
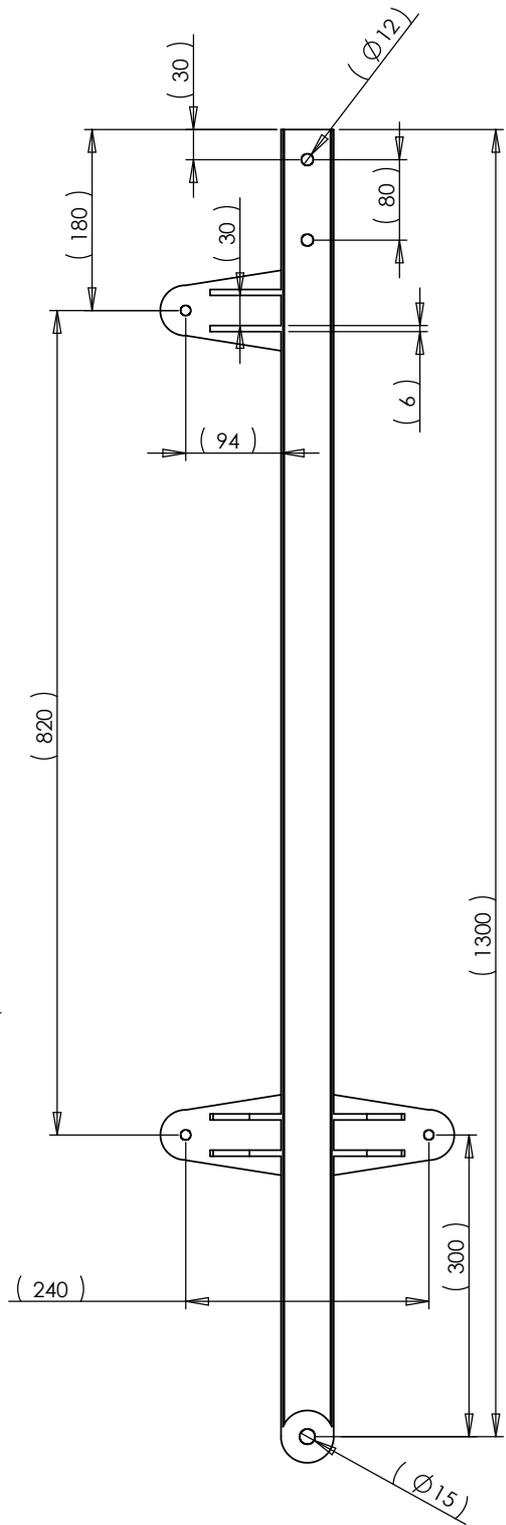
A

B

C

D

E



Material: Perfil "U" 50,8 X 25,4 X2mm

ESCALA:1:7.5

Nome do arquivo:
barra regulagem

SSC:
Haste de suporte

Desenho:
7.01

FOLHA 1 DE 1

Responsável projeto | desenhos:
Aldrwin Hamad

Projeto:
**Sistema de deslocamento
embarcado de lanternas
de cultivo de ostras**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA
- POSMEC -



A4

F

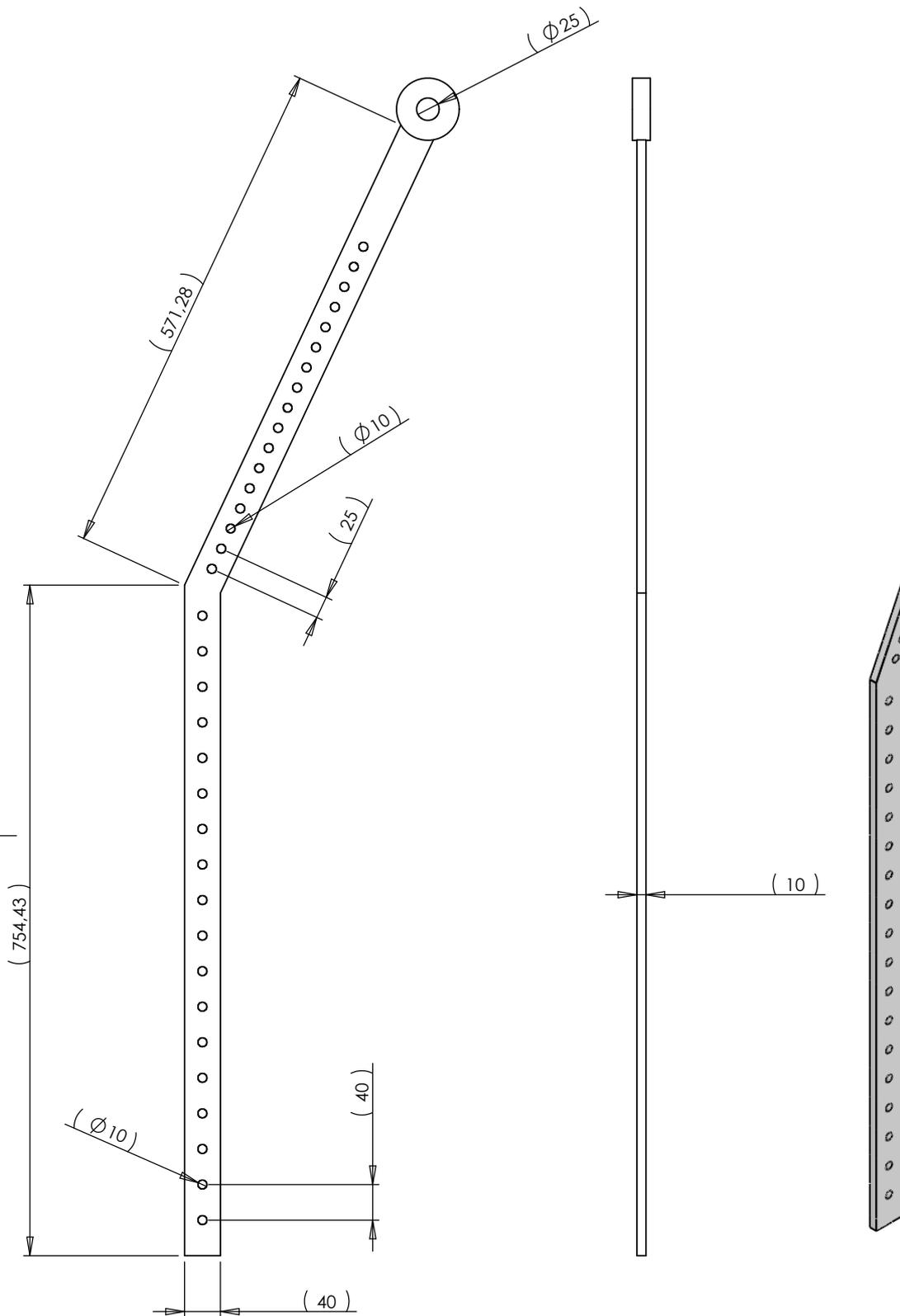
A

B

C

D

E



Material: Barra de aço 30 x 2,5 mm

ESCALA:1:7

Nome do arquivo:
haste regulavel

SSC:
Haste regulavel

Desenho: 08 FOLHA 1 DE 1

Responsável projeto | desenhos:
Aldrwin Hamad

Projeto:
**Sistema de deslocamento
embarcado de lanternas
de cultivo de ostras**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA
- POSMEC -



A4

F

ANEXOS

ANEXO A – Carta de reivindicação dos produtores

Seminário “Cultivo de Moluscos em Santa Catarina”

Local: Centro de Educação, Eventos e Lazer – CEEL/Florianópolis/SC

Data: 11 e 12 de abril de 2005

Promoção: SEAP/PR, SAR/Epagri/CEDAP, FINEP

Apoio: UFSC, Univali, Univille, Famasc, e Acaq

Nós, os participantes – maricultores, pesquisadores e extensionistas –, abaixo-assinados, estamos encaminhando aos órgãos dos governos federal, estadual e municipal e aos parlamentares, as demandas prioritárias identificadas durante o seminário.

Solicitamos a articulação junto às instituições competentes para o atendimento e, principalmente, o apoio governamental a maricultura catarinense que, com o esforço de todos, poderá dispor dos instrumentos necessários à continuidade de uma atividade que hoje lidera o ranking nacional em produção de moluscos, gerando emprego e renda.

São demandas identificadas pelos participantes do seminário:

1. Necessidade de saneamento básico nas regiões produtoras de moluscos e implantação de um Plano de Sanidade Aquícola.
2. Legalização imediata das áreas de cultivo e dos produtores.
3. Criar linhas de crédito específicas para maricultura
4. Apoio à comercialização e marketing.
5. Obtenção sustentável de sementes de mexilhões.
6. Organização e profissionalização do produtor.
7. Reestruturação e funcionamento das unidades de beneficiamento de moluscos e das cooperativas.
8. Incentivo à mecanização do sistema de cultivo dos produtores familiares.
9. Pesquisa e desenvolvimento tecnológico para a atividade.
10. Aumento e requalificação do serviço de extensão.

