

Sistema de cultivo
da macroalga
Kappaphycus alvarezii
em Santa Catarina



Secretário da Agricultura, da Pesca e do Desenvolvimento Rural

Ricardo Miotto Ternus

Presidente da Epagri

Giovani Canola Teixeira

Diretores

Célio Haverroth

Desenvolvimento Institucional

Jonas Pereira do Espírito Santo

Administração e Finanças

Humberto Bicca Neto

Extensão Rural e Pesqueira

Vagner Miranda Portes

Ciência, Tecnologia e Inovação



ISSN 1414-6118 (Impresso)
ISSN 2674-953X (On-line)
Julho/2022

SISTEMA DE PRODUÇÃO Nº 55

Sistema de cultivo da macroalga *Kappaphycus alvarezii* em Santa Catarina

Alex Alves dos Santos
Leila Hayashi
Autores



Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
Florianópolis
2022

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri)
Rodovia Admar Gonzaga, 1.347, Itacorubi, Caixa Postal 502
88034-901 Florianópolis, SC, Brasil
Fone: (48) 3665-5000
Site: www.epagri.sc.gov.br

Editado pelo Departamento Estadual de Marketing e Comunicação (DEMC)/Epagri

Revisores *ad hoc*: Beatriz Castelar – Atmoo Algae Factories
Valéria Cress Gelli – Instituto de Pesca/SP

Editoração técnica: Paulo Sergio Tagliari
Revisão textual: Tikinet
Arte final: Vilton Jorge de Souza

Primeira edição: Julho de 2022
Tiragem: 500 exemplares
Impressão: Gráfica CS

É permitida a reprodução parcial deste trabalho desde que a fonte seja citada.

Ficha catalográfica

SANTOS, A.A.; HAYASHI, L. **Sistema de cultivo da macroalga *Kappaphycus alvarezii* em Santa Catarina**. Florianópolis, SC: Epagri, 2022. 56p. (Epagri. Sistemas de Produção, 55).

Kappaphycus alvarezii; Biologia da espécie; Tecnologia de cultivo; Sistemas de cultivo; Legislação ambiental.

ISSN 1414-6118 (Impresso)
ISSN 2674-953X (*On-line*)



AUTORES

Alex Alves dos Santos

Engenheiro-agrônomo, Mestre em Aquicultura, Cedap – Epagri

Endereço: Rodovia Admar Gonzaga, 1.181, 88034-901, Florianópolis, SC

E-mail: alex@epagri.sc.gov.br

Fone: (48) 3665-5051

Leila Hayashi

Bióloga, Doutora em Ciências, na Área de Concentração: Botânica

Universidade Federal de Santa Catarina

Departamento de Aquicultura

Endereço: Rodovia Admar Gonzaga, 1.346, 88034-001, Florianópolis, SC

E-mail: leila.hayashi@ufsc.br

Fone: (48) 3721-6389

APRESENTAÇÃO

Este documento reúne os resultados de 11 anos de pesquisas sobre a tecnologia de “Cultivo da macroalga *Kappaphycus alvarezii* em Santa Catarina” para apoiar o desenvolvimento dessa nova cadeia produtiva, que em 2020 obteve a autorização ambiental de cultivo comercial, oferecendo aos maricultores uma nova opção para diversificar a produção de suas fazendas marinhas.

A demanda do setor produtivo por novas espécies vem pautando o trabalho em aquicultura da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) e da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) há pelo menos duas décadas e foi referendada, recentemente, pelo “Plano de Gestão Estratégica da Epagri 2017-2027”, construído em conjunto com os representantes dos produtores e de parceiros externos (pesquisadores, extensionistas, gestores públicos e privados) dos governos municipais, estadual e federal que atuam com aquicultura.

Dentre as espécies cultivadas, as algas transitam soberanas participando com o segundo maior volume de produção na aquicultura mundial. O cultivo de algas, por ser uma atividade nova no Brasil, carece de informações substanciais relativas aos cultivos de larga escala, tais como produção, produtividade, ciclos produtivos, análises econômicas e financeiras. Tais informações só poderão ser produzidas a partir do acompanhamento dos cultivos comerciais. Para que isso se torne realidade no Estado, este documento oferece um pacote tecnológico básico com importantes informações que habilitarão o maricultor catarinense para iniciar as produções de larga escala, contribuindo para garantir o sucesso e a consolidação desta nova atividade.

O presente documento apresenta dois sistemas de cultivo, o tradicional e outro desenvolvido pela Epagri e pela UFSC, mostrando vantagens e desvantagens, fornecendo informações ao produtor que possibilitarão avaliar qual o sistema que melhor se adapta às características ambientais de sua fazenda marinha, de sua situação econômica e de sua mão de obra contratada ou familiar.

A proposta inicial do sistema desenvolvido é integrar o cultivo de algas com o de moluscos para aumentar o lucro das fazendas marinhas e melhorar a qualidade das águas de cultivo. Nesse sistema integrado, a alga é ofertada como espécie secundária, responsável por reduzir a carga de nutrientes costeiros despejados diariamente no litoral, absorvendo-os e transformando-os em biomassa. Para algumas áreas impactadas, as algas podem representar uma solução para a subsistência das famílias dos maricultores.

A Diretoria Executiva

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	3
1 PANORAMA	9
1.1 Cultivo de <i>Kappaphycus alvarezii</i> no Mundo.....	9
1.2 Cultivo de <i>Kappaphycus alvarezii</i> no Brasil.....	9
1.3 Cultivo de <i>Kappaphycus alvarezii</i> em SC	10
2 BIOLOGIA E MEIO AMBIENTE	10
2.1 Características biológicas da espécie.....	10
2.2 Características ambientais de cultivo	11
3 INFRAESTRUTURA	12
3.1 Legislação ambiental de cultivo.....	12
3.2 Fazendas marinhas	13
4 TECNOLOGIA DE CULTIVO	14
4.1 Estruturas de cultivo.....	14
4.1.1 Balsa de cultivo confeccionada com PVC.....	16
4.1.2 Balsa de cultivo confeccionada com flutuador cilíndrico elíptico (FCE).....	19
4.2 Redes de proteção	22
4.3 Poitas ou estacas	26
4.4 Plantio	27
4.5 Obtenção de mudas ou propágulos	32
4.5.1 Reserva de mudas entre ciclos	32
4.5.2 Manutenção de mudas em estufas	34
4.5.3 Comércio de mudas	35
4.6 Colheita	36
5 PRODUTIVIDADE DOS SISTEMAS DE CULTIVO	37
5.1 Sistema de monocultivo com balsas de PVC	37
5.2 Sistema de monocultivo e de bicultivo com <i>longline</i> duplo	41
5.2.1 Sistema de bicultivo com <i>longline</i> duplo (Alga + Ostra)	44

5.2.2 Sistema de bicultivo com <i>longline</i> duplo (Alga + Mexilhão)	49
5.2.3 Sistema de monocultivo com <i>longline</i> duplo (Alga)	50
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
REFERÊNCIAS	53

1 PANORAMA

1.1 Cultivo de *Kappaphycus alvarezii* no Mundo

As macroalgas representaram a maior produção dentro da aquicultura marinha mundial em 2018, atingindo 32,4 milhões de toneladas e rendendo US\$13,3 bilhões, sendo superada apenas pelo cultivo de peixes de água doce (FAO, 2018a). O cultivo de algas é praticado por aproximadamente 50 países, que exploram em torno de 221 espécies de valor comercial, porém, dentre as 10 espécies mais produzidas, a *Kappaphycus alvarezii* e a *Eucheuma denticulatum* ocupam o segundo lugar, com uma produção de 10,8 milhões de toneladas. Esta espécie é a principal matéria-prima para a extração de carragenana, substância que possui propriedades espessantes e estabilizantes, muito utilizada pelas indústrias alimentícia, química, têxtil, entre outras (BIXLER & PORSE, 2011; FAO, 2018a, 2018b).

Apesar de ser uma das algas mais produzidas no mundo, a produção de *Kappaphycus* tem enfrentado vários desafios em sua comercialização, como mudanças climáticas, tufões e tsunamis que têm impactado as fazendas marinhas da Ásia nessa última década, além de condições de mercado incertas, preços flutuantes, doenças, epifitismo e herbivoria por peixes (BUSCHMANN, 2017; FAO, 2017).

1.2 Cultivo de *Kappaphycus alvarezii* no Brasil

A espécie não é natural do Brasil e foi introduzida legalmente pela primeira vez em 1995, pela Universidade de São Paulo (USP), na região de Ubatuba/SP. As mudas, clones originários das Filipinas e provenientes do Japão, permaneceram por 10 meses em quarentena, no laboratório da USP, antes de irem para o mar (PAULA et al., 2002; SILVA et al., 2010). Em 1998, uma nova introdução em Ilha Grande, no Rio de Janeiro, com mudas originárias da Venezuela, deu origem aos primeiros cultivos comerciais no Brasil (CASTELAR et al., 2009a, 2009b). Estas introduções ocorreram motivadas pela crescente demanda brasileira e mundial por carragenana e visavam tornar o Brasil autossuficiente na produção deste coloide (OLIVEIRA et al., 2009). O Brasil importou, de 2010 a 2018, uma média anual de 1.734t de carragenana, a US\$14.949.461,11 (FOB) (MDIC, 2019). A produção nacional da maricultura de macroalga ainda é insignificante e não faz parte de dados estatísticos oficiais de produção, mas extraoficialmente a Região Sudeste reportou até 1.000 toneladas de alga fresca por mês entre 2017 e 2018 (NEISH, 2017). Apesar disso, esta nova atividade de cultivo ainda não se consolidou na Região Sudeste e alguns problemas foram apontados como justificativa: ausência de planos oficiais de gerenciamento; falta de fiscalização; falta de profissionais de extensão capacitados; organização do produtor e sistema cooperativista frágeis; necessidade de mecanização do processo produtivo; falta de gestão das fazendas marinhas de algas; processo de legalização dos empreendimentos moroso e truncado, resultando na informalidade e na falta de acesso ao crédito e às políticas nacionais de incentivo ao agronegócio; falta de pesquisadores qualificados e dedicados à linha de pesquisa de tecnologias de produção de algas; falta de recursos federais para estruturar

esta nova cadeia produtiva melhorando a eficiência nas etapas de produção, transporte, processamento e marketing, entre outros (REIS et al., 2017).

1.3 Cultivo de *Kappaphycus alvarezii* em SC

Em Santa Catarina, os estudos experimentais começaram em 2008 com clones de quatro linhagens oriundas da USP, e se estenderam até 2010. Em 2010, a Epagri e a UFSC encaminharam relatório ao Ibama solicitando a autorização para os cultivos comerciais no Estado, fundamentado nos bons resultados obtidos nos estudos em Florianópolis que comprovaram a viabilidade técnica e a segurança ambiental de cultivo dessa espécie. O pedido foi indeferido em 2011 e vários questionamentos foram realizados. Em 2012, novo relatório foi elaborado e, além de esclarecer os questionamentos, foram incluídos também pareceres técnicos de especialistas brasileiros que estudam a *Kappaphycus*, todos favoráveis à implantação dos cultivos comerciais em Santa Catarina, e novamente o pedido de autorização foi indeferido. De 2011 a 2016, os estudos no mar foram interrompidos por falta de licença ambiental de pesquisa. Neste período, inúmeras tentativas foram realizadas para renovar a licença ambiental de pesquisa junto ao Ibama, sem sucesso. Em janeiro de 2017, a licença foi deferida com a condicionante de que os estudos realizados em Florianópolis fossem replicados para outros municípios, como requisito para autorização dos cultivos comerciais no Estado. Nesse ínterim, as tratativas junto ao Ibama envolveram o Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), por meio da Secretaria de Aquicultura e Pesca, os produtores e o governo de Santa Catarina e se intensificaram, culminando na obtenção da autorização para os cultivos comerciais no Estado, publicada no Diário Oficial da União, em 21 de janeiro de 2020. O próximo desafio é tornar a macroalga *Kappaphycus* uma nova atividade para Santa Catarina por meio da união de pesquisadores, de extensionistas, de agentes públicos de desenvolvimento do aquanegócio e fundamentalmente do setor produtivo, trazendo novas divisas para o estado e aumentando as opções de emprego e renda para os maricultores.

2 BIOLOGIA E MEIO AMBIENTE

2.1 Características biológicas da espécie

Kappaphycus alvarezii (Doty) L. M. Liao é uma espécie de macroalga pertencente ao gênero *Kappaphycus* Doty, à divisão Rhodophyta, à classe Florideophyceae, à ordem Gigartinales e à família Solieriaceae (GUIRY, 2021). O gênero *Kappaphycus* foi segregado do gênero *Eucheuma* por Doty, em 1987 (ARECES, 1995).

É uma espécie perene, ou seja, seu ciclo de vida é longo, permitindo viver por mais de 2 anos (ARECES, 1995; DOTY, 1987; MCHUGH, 2003). A reprodução pode ser assexuada ou sexuada. A reprodução sexuada apresenta alternância de gerações no seu histórico de vida, com três fases: esporofítica, gametofítica e carposporofítica. Mas a descoberta mais importante durante o desenvolvimento mundial dos cultivos comerciais de *K. alvarezii* foi

a propagação vegetativa: a produção de biomassa sem a necessidade do ciclo sexual da planta ou de esporos, mantendo o crescimento “indefinidamente”. Os cultivos comerciais são baseados nessa propagação vegetativa a partir de porções do talo das plantas, sendo clones de uma planta-mãe (PAULA et al., 2002; NEISH, 2005). No entanto, tais clones podem apresentar variações de cores resultantes dos pigmentos de clorofila *a*, de clorofila *d* e de ficobilinas, com predominância de ficoeritrina (LEE, 1989). A vantagem desse tipo de cultivo é a produção de biomassa em um curto espaço de tempo; por outro lado, esses clones não possuem variabilidade genética, e com o tempo podem começar a diminuir a produtividade.

2.2 Características ambientais de cultivo

As macroalgas apresentam variações de cores, na taxa de crescimento e na composição química de acordo com as características do local onde estão sendo cultivadas, como luz, temperatura, salinidade, nutrientes, intensidade de corrente e sua classe taxonômica (LOBBAN, 1985). A espécie *K. alvarezii* é originária da região do Indo-Pacífico, do Leste da África até Guam, da China, do Japão e das ilhas do Sudeste Asiático, sendo encontrada em áreas de recifes de coral, na zona do infralitoral, que é a região mais baixa dos costões, constantemente submersa mesmo em maré baixa (ARECES, 1995; DOTY, 1987; MCHUGH, 2003). Geralmente são encontradas em áreas rasas, claras e limpas, adaptadas a níveis intensos de radiação solar. Apresenta bom crescimento em temperaturas entre 20 e 32°C e salinidades maiores que 30‰ (ótimo = 35‰) e fotoperíodo de 8 a 9h (ARECES, 1995; DOTY, 1986; PAULA, 1998).

Apesar de sua natureza tropical, está presente em diversos continentes, abrangendo ecossistemas tropicais e subtropicais, apresentando tolerância a diferentes fatores ambientais, tais como temperatura da água, turbidez, intensidade de corrente, salinidade, nutrientes, entre outros. Essa capacidade adaptativa permitiu sua introdução em vários países, dentre eles o Brasil (ASK et al., 2002; HAYASHI et al., 2010).

Em Santa Catarina, as linhagens marrom e verde foram as que mais se aclimataram às condições ambientais do litoral, apresentando viabilidade para os cultivos comerciais entre os meses de setembro e maio (HAYASHI et al., 2010). Durante o período de inverno, principalmente nos meses de junho a agosto, as algas podem morrer. Em invernos típicos, com temperaturas da água abaixo de 15°C, a perda pode ser de 100%. Já em invernos atípicos, com temperaturas acima de 18°C, as algas não crescem e perdem em torno de 80% de sua biomassa, mas podem sobreviver, desde que não manejasadas.

Além da temperatura, que é determinante para seu crescimento, a queda de salinidade por longos períodos pode causar a morte da espécie. Assim como acontece com os moluscos, principalmente o mexilhão *Perna perna*, em épocas de chuvas torrenciais e persistentes o cuidado deve ser redobrado, havendo necessidade de submergir as algas para profundidades abaixo de 1 metro. É muito importante ressaltar que a resposta dessa alga a baixas temperaturas e salinidades ocorrem de 20 a 30 dias após sofrerem o trauma fisiológico. Em outras palavras, o produtor só irá observar danos na alga causados pelo frio e pela queda de salinidade 20 a 30 dias depois que ocorreram. Este comportamento,

em muitas ocasiões, dificulta a compreensão e a identificação dos fatores que estão determinando tanto o sucesso quanto o insucesso dos cultivos. Por este motivo, é muito importante o registro diário de temperaturas e salinidades nas fazendas marinhas para o entendimento destas questões, na tentativa de estabelecer o melhor manejo para cada localidade.

Os organismos incrustantes podem causar prejuízos durante os ciclos de cultivos mais longos, geralmente nos meses de maio, setembro e outubro, quando há maior oportunidade de haver incrustação, pois as algas podem permanecer 60 ou 70 dias no mar, ao invés de 35 ou 40 dias, como acontece nos ciclos curtos que ocorrem entre novembro e abril.

A herbivoria é outra adversidade a ser considerada, podendo representar perdas de até 80% da biomassa. Sua intensidade varia de acordo com o local de cultivo, a época do ano e o estágio de desenvolvimento das mudas. Foi observado que ramos jovens, quando transferidos do laboratório para o mar no início do ciclo de cultivo (setembro), sofrem herbivoria mais intensa. Isto acontece provavelmente pelo pequeno tamanho de seus talos, compatíveis com a abertura de boca dos peixes herbívoros (marimbaus, tanhotas, etc.). À medida que as algas crescem e seus talos engrossam, a herbivoria diminui e pode não ser mais notada. Esta informação é importante pois demonstra a necessidade de redes de proteção durante a fase do primeiro plantio das algas após o inverno. À medida que crescem, as redes poderão ser removidas, diminuindo o crescente peso sobre as estruturas de cultivo (balsas) que pode acontecer à medida que os organismos incrustantes vão colonizando e crescendo sobre as redes.

As adversidades apresentadas pretendem alertar o produtor para que ele não seja surpreendido com uma frustração de safra, muito embora tais “surpresas” não sejam incomuns nas atividades produtivas de um modo geral. Algumas práticas serão apresentadas a seguir e poderão atenuar os problemas apresentados. Durante a consolidação da cadeia produtiva de algas, outras práticas de manejo precisarão ser descobertas por pesquisadores, extensionistas e maricultores, com a mesma criatividade e perseverança que tornaram nosso Estado o maior produtor nacional e referência na produção de moluscos.

3 INFRAESTRUTURA

3.1 Legislação ambiental de cultivo

A Instrução Normativa Ibama nº 185, de 22 de julho de 2008, permitiu o cultivo de *K. alvarezii* apenas em uma determinada região que compreendia parte do litoral dos estados do Rio de Janeiro e de São Paulo. A partir de janeiro de 2020, a Instrução Normativa Ibama nº 1, de 21 de janeiro de 2020, que substituiu a anterior, ampliou a área de cultivo para Santa Catarina, permitindo os cultivos comerciais entre os municípios de Itapoá e Jaguaruna. A Nota Técnica nº 102/2020/CGODAU/DEPOA/SAP/MAPA estabeleceu o “Procedimento para solicitação do cultivo e monitoramento de *Kappaphycus alvarezii*

nos Parques Aquícolas de Santa Catarina”. A partir da publicação destas duas legislações, qualquer produtor de moluscos do estado pode solicitar a sua autorização para cultivar algas de forma digital, por meio da página do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). O endereço eletrônico para solicitação do pedido está disponível na citada Nota Técnica nº 102/2020.

O Art. 5º da IN 1/2020 instrui que “a comercialização de mudas somente será permitida mediante emissão de certificado de comprovação da espécie por instituição de pesquisa oficial”, garantindo a rastreabilidade destas mudas para segurança ambiental de cultivo (IBAMA, 2020). No entanto, como ainda não existe o comércio de mudas, o entendimento institucional é de que a Epagri e a UFSC irão fornecer as primeiras mudas aos produtores, até que a cadeia produtiva esteja estruturada.

Outro destaque de grande importância é sobre o disposto no Art. 6º, que trata da **obrigatoriedade do monitoramento ambiental**. Cada maricultor deverá apresentar um relatório anual de monitoramento ao órgão ambiental licenciador. É um relatório simples em que o maricultor deverá percorrer a linha da costa, das praias e dos costões circunvizinhos ao cultivo das algas durante a maré baixa, percorrendo 500m para o Sul e 500m para o Norte, a partir de seu cultivo. O objetivo é o de verificar se a alga não está se fixando no litoral. O maricultor deverá fotografar pontos aleatórios das praias e dos costões, datados e georreferenciados, para comprovar a presença ou a ausência de *K. alvarezii*.

3.2 Fazendas marinhas

Para exploração conjunta de algas e de moluscos, o maricultor só precisará adaptar seu sistema produtivo para promover esta integração. É um arranjo produtivo novo que poderá proporcionar uma fonte de renda extra (algas e moluscos), diminuindo os riscos de seu empreendimento na medida em que, na impossibilidade de comercializar moluscos por conta da maré vermelha ou por condições sanitárias inadequadas, ainda poderá comercializar algas. No entanto, o produtor também poderá optar pelo monocultivo de algas. A decisão de optar por um organismo ou outro caberá exclusivamente ao produtor, que poderá buscar auxílio técnico junto aos órgãos envolvidos na cadeia produtiva e recorrer à elaboração de um plano de negócios para demonstrar a viabilidade econômica do empreendimento.

Em uma análise sobre o potencial do Estado para a exploração do cultivo de algas, foi verificado que, nos anos de 2012 e 2013, das 720 áreas aquícolas ofertadas para licitação, 619 tiveram vencedores, restando 101 áreas que poderão ser disponibilizadas aos interessados. No entanto, o número de áreas em operação é menor do que as 619 licitadas e este número é dinâmico, variando a cada ano. Em 2019, foram contabilizadas 485 áreas aquícolas operando na produção de moluscos. O tamanho médio destas áreas é de 1,57ha, totalizando 761,45ha de fazendas marinhas passíveis de exploração. Com pelo menos cinco ciclos de cultivos anuais e dependendo do sistema de cultivo escolhido, integrado ao de molusco ou monocultivo de algas, a produção estadual de algas poderá variar de 118.081,9t/ano a 170.564,8t/ano (sistema de monocultivo) ou de 88.175,9t/

ano a 131.772,7t/ano (sistema integrado). Esta variação dependerá do espaçamento utilizado entre as estruturas de cultivo (balsas de cultivo e *longlines* duplos) entre 6m e 10m, dependendo das características do local de cultivo. Em zonas mais abrigadas, o espaçamento poderá ser menor, e em zonas com mais força de maré, o espaçamento deverá ser o tradicionalmente usado no Estado, ou seja, de 10m. Considerando que o preço médio de alga úmida no estado do Rio de Janeiro varia de R\$3,00 a R\$5,00/kg, Santa Catarina poderá obter uma receita bruta de até R\$511,7 milhões com o comércio de algas se praticado o preço de R\$3,00/kg.

Estes dados de produção servem apenas como uma projeção especulativa da capacidade estadual. São resultados de pesquisa de pequena escala de produção que precisam ser validados em situação de cultivos de larga escala, como os cultivos comerciais.

4 TECNOLOGIA DE CULTIVO

4.1 Estruturas de cultivo

Existem praticamente dois sistemas tradicionais de cultivo: em estruturas fixas e em estruturas flutuantes. No continente asiático, principal região produtora do mundo, os produtores utilizam estruturas fixas, apropriadas para regiões rasas. Nestas estruturas, as cordas de cultivo de algas são presas a estacas fixadas no fundo do mar e os produtores chegam aos cultivos andando. É um sistema de cultivo artesanal, característico de regiões tradicionais de populações ribeirinhas, que explora a mão de obra barata e disponível (Figura 1).



Figura 1. Sistema fixo de cultivo de algas, realizado com estacas fixadas no fundo do mar que mantêm as cordas de cultivo de algas esticadas e alinhadas

O sistema flutuante é utilizado em regiões de maior profundidade, onde o acesso aos cultivos é feito com embarcações. No Brasil, este sistema foi adotado pelos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, onde as balsas de cultivo foram confeccionadas com tubos de PVC (Figura 2). Nos estudos realizados em Santa Catarina, foram utilizadas as balsas de PVC até 2010, mas ao longo do tempo foi observado que os tubos de PVC não resistiam aos raios ultravioletas, às fortes correntes marítimas e aos ciclones extratropicais, característicos da região Sul. Eles quebravam com facilidade e duravam em torno de 1 a 2 anos, quando precisavam ser substituídos. Em um primeiro momento, parece simples substituir um tubo de PVC, mas, por compor uma balsa, estando amarrado a esta estrutura e suportando as redes de proteção das algas, a operação de substituição é dificultada e há aumento dos custos de produção, tanto pelo valor do tubo quanto pelo tempo e pela mão de obra dispendidos com sua substituição.



Figura 2. Sistema flutuante de cultivo de algas utilizando balsas construídas com tubos de PVC de 50mm ou 100mm

Foto: Renata Perpétuo Reis

Outro inconveniente é a raspagem dos organismos incrustantes, principalmente cracas, ostras e mexilhões, das paredes dos tubos de PVC. Por apresentarem espessura de parede fina (3mm), inviabilizam uma limpeza mais vigorosa e eficiente, podendo quebrar facilmente. Para solucionar estes problemas, a Epagri e a UFSC conduziram um estudo para o desenvolvimento de uma estrutura de cultivo mais resistente. Um protótipo de flutuador foi pensado e criado a partir das funcionalidades que os tubos de PVC proporcionavam. Este protótipo foi aprimorado, resultando no primeiro flutuador nacional produzido exclusivamente para o cultivo de algas, resistente aos raios UVA e UVB, ao embate das correntes marinhas e ao manejo, e projetado para durar 10 anos. A partir de 2017, as balsas passaram a ser confeccionadas com este flutuador cilíndrico elíptico (FCE).

Apesar da superioridade estrutural das balsas confeccionadas com FCE, existe também a questão financeira como ferramenta de decisão. Portanto, é importante o produtor conhecer os valores e os materiais necessários para a confecção de ambas as estruturas para que possa decidir pelo sistema mais adequado às suas condições, considerando o valor investido, a durabilidade das estruturas e a mão de obra de manutenção.

4.1.1 Balsa de cultivo confeccionada com PVC

As balsas flutuantes podem ser confeccionadas em tubos de PVC 50mm ou 100mm. Nos estudos conduzidos em Santa Catarina entre 2008 e 2010, foram utilizados os tubos de PVC 100mm, com 3m de comprimento e suas extremidades fechadas e coladas com tampões, formando um cilindro (Figura 3A, 3B). Estes cilindros são fixados aos cabos *longline*, através de suas extremidades, com espaçamento de 5m, formando módulos de 3m de largura x 5m de comprimento. A reunião de 20 módulos forma uma “Balsa de Cultivo” de 100m de comprimento (Figura 3C, 3D).



Figura 3. (A, B) Etapas da montagem de uma balsa de cultivo de algas construída com PVC 100mm, mostrando a fixação dos tampões e as amarrações ao cabo principal; (C) a balsa montada formando os módulos e (D) uma vista parcial da balsa de 100m esticada, com os diversos módulos

Considerando um espaçamento de 10m entre balsas de cultivo, poderemos ter 8 balsas de cultivo para 1 hectare, 9 balsas com espaçamento de 8m, ou 10 balsas com espaçamento de 6m. O espaçamento entre balsas dependerá das condições oceanográficas de cada região, mas a recomendação técnica é de 10m de espaçamento entre balsas de cultivo, oferecendo conforto e segurança no tráfego das embarcações de trabalho dos produtores.

A Tabela 1 apresenta o material necessário para a construção de uma balsa de cultivo de alga com 100m de comprimento confeccionada em PVC e os valores de referência (ano 2021) dos materiais.

Tabela 1. Orçamento prévio para confecção de uma balsa de cultivo com 100m de comprimento

Descrição	Unidade	Quantidade	Valor (R\$)	Total (R\$)
Cano PVC 100mm (Barra de 6m)	und	11	41,60	457,60
Capa soldável 50mm (Tampão)	und	42	32,95	1.383,90
Rede tubular externa 35mm	metro	8000	0,53	4.240,00
Cabo multifilamento 6mm	metro	293	0,96	281,28
Cabo multifilamento 4mm	metro	685	0,40	274,00
Cabo multifilamento 12mm (<i>longline</i>)	metro	250	2,02	505,00
Rede malha 20mm (20m x 5m)	metro	150	38,00	5.700,00
Poita de concreto (500kg)	und	2	250,00	500,00
Cola de PVC	litro	1	60,00	60,00
Total				13.401,78

O cabo de 6mm é utilizado para amarrar a rede de proteção nos cabos principais e no PVC. Considerando que temos 200m de cabo principal (100m + 100m) + (3m da largura do PVC x 21 PVCs = 63m) + 30m extras para amarrações, será necessário em torno de 293m para cada balsa.

O cabo de 4mm é utilizado para amarrar as cordas de cultivo aos tubos de PVC. Cada corda de cultivo tem 4,5m e será necessário em torno de 1m para amarrar cada extremidade da corda de cultivo ao PVC. Para as 8 cordas de cultivo x 2m (um para cada extremidade) x 20 módulos, serão necessários 320m, que, somados a 50m extras (amarrações), totalizarão 370m. Além disso, esperas com nós de azelha são instaladas ao longo do tubo de PVC para fixação das cordas de cultivo de algas: 3m referentes ao comprimento do tubo + 1,5 para realizar os nós de azelha + 3m para amarrar as esperas nas extremidades do PVC, que somam 7,5m. Como se tem 21 tubos de PVC e precisamos de 2 esperas para cada lado do tubo, teremos 42 esperas, totalizando 315m, que, somados aos 370m citados acima, resultarão em 685m (Figura 4). As esperas são confeccionadas

com cabos multifilamento 4mm e nós de azelha são formados a cada 37,5cm para fixação uniforme das cordas de cultivo (Figura 4).



Figura 4. Detalhes das esperas feitas com nó de azelha que estão amarradas ao longo dos tubos de PVC para fixação das cordas de cultivo de algas

As balsas são formadas pelos cabos principais + os cabos tesouras (unem o cabo principal ao cabo madre) + os cabos madres (unem o cabo tesoura às poitas ou estacas) + amarrações. Os cabos principais de 12mm totalizam 200m (100m + 100m). As tesouras somam de 3 a 5m para cada extremidade dos cabos e unem o cabo principal à linha madre. Considerando tesouras de 5m x 4 tesouras, são 20m de cabos. As linhas madres poderão ter de 3 a 5m de comprimento para cada 1m de profundidade. Considerando uma profundidade média de 3m, temos $3m \times 3m = 9m \times 2$ extremidades, são 18m de cabo madre. Considerando mais 12m (6m para cada extremidade) destinados às amarrações, obtém-se um total de $200m + 20m + 18m + 12m = 250m$ (Figura 5).



Figura 5. Instalação da balsa de cultivo no mar, mostrando detalhes dos cabos principal e tesoura, além do cabo madre que fixa a balsa de cultivo à poita ou à estaca

4.1.2 Balsa de cultivo confeccionada com flutuador cilíndrico elíptico (FCE)

Até agora foi falado sobre as “balsas de cultivo de algas” porque assim se convencionou no Brasil e no mundo. No entanto, tais balsas nada mais são do que *longlines* duplos, cuja confecção é amplamente conhecida pelos maricultores catarinenses. Por esta razão, não haveria necessidade em discorrer sobre a montagem de *longlines* se não fosse o fato de estar sendo inserido nessa montagem um novo flutuador, desenvolvido exclusivamente para o cultivo de algas. Assim, cabe realizar algumas considerações que poderão auxiliar os produtores no processo de montagem.

O valor investido para construir uma balsa de PVC é menor que o valor para construir um *longline* duplo com flutuadores. Os tubos de PVC são estruturas inadequadas, desenvolvidas para encanamentos e adaptadas como flutuadores. Diferente do PVC, o FCE foi desenvolvido exclusivamente para o cultivo de algas; no entanto a proposta dos estudos em Santa Catarina evoluiu e foi além, para integrar o cultivo de algas com o cultivo de moluscos, em que a alga figura como espécie secundária e o molusco como uma espécie principal. Dessa forma, o produtor terá a possibilidade de lucrar com duas espécies ao invés de uma e ganhar tempo para aprender a cultivar algas. Nesse período, ele terá conhecimento suficiente para decidir sobre o sistema de cultivo que melhor se adéque às suas necessidades: o cultivo integrado ou o monocultivo de algas.

O FCE foi confeccionado em polietileno virgem de média densidade, possui formato elíptico, espessura de parede de 5mm e dimensões de 200cm de comprimento x 30cm de largura x 20cm de altura, volume de 90 litros, peso de 9kg, com proteção UVA e UVB e vida útil superior a 10 anos (Figura 6).

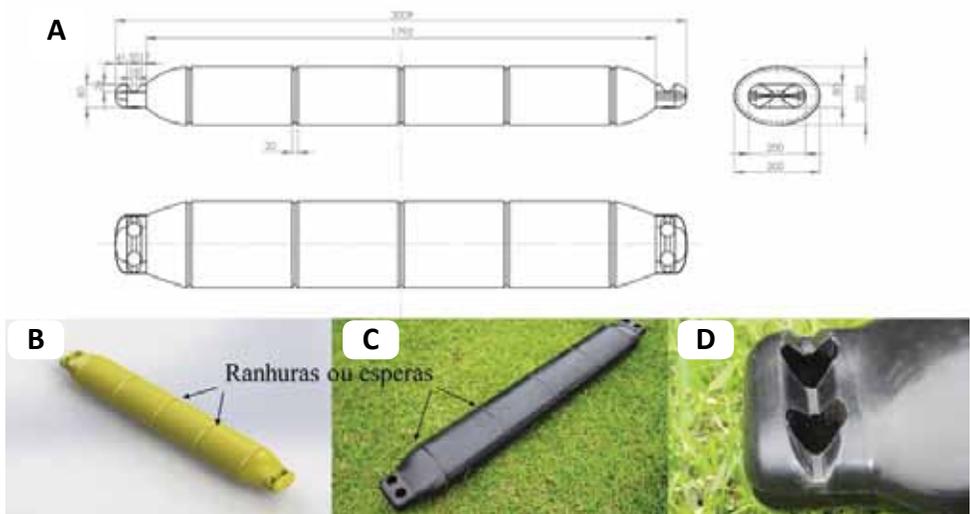


Figura 6. (A) Projeto do FCE com detalhamento das dimensões e diâmetros estruturais; (B) protótipo aprovado para a produção industrial; (C) exemplar da produção industrial mostrando as ranhuras ou esperas destinadas à fixação das cordas de cultivo de algas que mantêm o espaçamento recomendado; (D) detalhe da extremidade mostrando a cama de assentamento dos cabos que compõem o *longline* e os dois orifícios destinados à amarração

No sistema de monocultivo de algas, o espaçamento dos flutuadores poderá ser maior do que no sistema de bicultivo, que exige maior esforço de sustentação da estrutura, assunto que será abordado no item 5. Considerando os cultivos de pequena escala (1ha) e o peso das cordas de cultivo de algas no momento da colheita, recomenda-se um espaçamento de no máximo 5m entre os flutuadores e as cordas de cultivo com comprimento de 4,5m, com as extremidades fixadas entre um flutuador e outro adjacente. Tais cordas devem atingir até 30kg no momento da colheita e podem demandar muito esforço do maricultor para removê-las manualmente da água, portanto cordas maiores são inapropriadas em sistemas não mecanizados.

No sistema de monocultivo, os cabos principais deverão ter 110m de comprimento cada, sendo 100m para o posicionamento dos flutuadores e 10m para formação das “tesouras” (5m para cada extremidade do *longline*) (Figura 7A). Os flutuadores deverão ser fixados a cada 5m com presilhas tipo abraçadeiras, na cor preta (proteção UVA e UVB), com dimensões de 520mm x 12mm (Figura 7B, 7C, 7D). Em cada extremidade do flutuador há uma reentrância para acomodação do cabo que deverá ser fixado através de duas abraçadeiras, uma para cada orifício do flutuador, com volta dupla (Figura 7D). Após a fixação da abraçadeira, o aperto da mesma deverá ser realizado com alicate com intensidade máxima, pois quando a estrutura for colocada no mar há um afrouxamento natural da abraçadeira, que cede naturalmente com o peso da estrutura, o balanço do mar e as correntezas (Figura 7C). Um detalhe importante é a passagem da abraçadeira por entre a alma do cabo de *longline*, evitando assim que o flutuador escorregue para as laterais do cabo principal, saindo de sua posição original (Figura 7B, 7D).



Figura 7. (A) Montagem de *longline* com flutuadores desenvolvidos para o cultivo de algas; (B) apresentando detalhes da abraçadeira: posicionada por entre a alma do cabo para impedir o deslocamento do flutuador; (C) fixada com uma volta dupla e tensionada firmemente com alicate; (D) posicionada em sentido diagonal ao cabo, sentido que confere melhor amarração entre corda e flutuador

Os cabos podem ter as mesmas especificações daqueles utilizados atualmente nos *longlines* da maricultura catarinense (20 a 24mm), mas recomenda-se o uso de cabos virgens de polietileno, com 24mm de diâmetro. Caso o produtor faça a opção pelo monocultivo de algas, o diâmetro do cabo pode ser menor, mas superior a 16mm, em função da menor força sobre a estrutura. No entanto, se resolver migrar para um bicultivo, os cabos de 24mm são mais recomendados.

A Tabela 2 apresenta o material necessário para a construção de uma balsa de cultivo de alga com 100m de comprimento confeccionada com FCE e os valores referência (ano 2021) dos materiais.

Tabela 2. Descrição do material e respectivos custos utilizados para a confecção de um *longline* duplo para cultivo de algas utilizando FCE

Descrição	Unidade	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Flutuador para alga (90 litros)	und	21	306,00	6.426,00
Rede tubular externa 35mm	m	8.000	0,53	4.240,00
Cabo multifilamento 6mm	m	270	0,96	259,20
Cabo multifilamento 4mm	m	250	0,40	100,00
Abraçadeiras 520mm x 12mm	und	280	2,52	705,60
Abraçadeiras 520mm x 12mm	und	200	1,10	220,00
Cabo virgem polietileno 24mm (<i>longline</i>)	m	240	9,60	2.304,00
Rede proteção malha 20mm (20m x 5m)	m	150	38,00	5.700,00
Poita de concreto (1.200kg)	und	2	550,00	1.100,00
Total por balsa				21.054,80
Total por hectare (8 balsas)				168.438,40

As redes tubulares são utilizadas como cordas de cultivo. O cabo multifilamento de 6mm é utilizado para as amarrações da rede de proteção nos cabos madre e nos flutuadores; considerando que temos 200m de cabo madre (100m + 100m) + (2m da largura dos flutuadores x 20 flutuadores = 40m) + 30m extras para as amarrações = 270m.

O cabo multifilamento de 4mm é utilizado para amarrar as cordas de cultivo aos flutuadores. Considerando que cada corda de cultivo tenha 4,5m, precisaremos em torno de 1m para amarrar cada extremidade da corda de cultivo ao flutuador = 5 cordas de cultivo x 2 extremidades x 20 módulos = 320m + 50m extras = 250m.

As abraçadeiras de 520mm x 12mm são acondicionadas nas ranhuras ou esperas dos flutuadores (Figura 7B, 7C, 7D) e são utilizadas como suporte para o posicionamento das cordas de cultivo. Assim, são necessárias 4 abraçadeiras para fixar 1 flutuador + 10 abraçadeiras por flutuador para fixar cordas de cultivo de algas (14 x 20) = 280 unidades.

As abraçadeiras de 387mm x 7,6mm são utilizadas para amarrar as cordas de cultivo nas abraçadeiras suporte (520mm x 12mm): 20 flutuadores x 10 abraçadeiras = 200 unidades.

O cabo virgem de polietileno 24mm é recomendado para ser utilizado na montagem do *longline*, composto por duas linhas principais + tesouras + linhas madres. Temos uma tesoura para cada extremidade do *longline*. A tesoura é formada pela união dos dois cabos principais do *longline*. Elas devem medir em torno de 3m, distância entre o último flutuador do *longline* até a união dos dois cabos principais. As linhas madres são aquelas que fixam o *longline* à poita ou à estaca. As linhas madres poderão obedecer a relação de 3 a 5m de comprimento para cada 1m de profundidade. Para efeito de cálculo, pode-se considerar uma profundidade média de 3m, similar à média estadual onde estão localizadas as fazendas marinhas do litoral catarinense. Assim, essa relação será de 3m x 3m. Portanto, temos 3m de linha madre x 3m de profundidade, totalizando 9m de linha madre para cada extremidade. Dessa forma, para a confecção de um *long-line* duplo temos: 9m de linha madre + 6m de linha tesoura + 200m de linha principal + 6m de linha tesoura + 9m de linha madre, totalizando 230m. Considerando mais 10m para amarrações, 5m para cada lado, temos 240m de cabos para confeccionar um *longline* duplo de 100m.

4.2 Redes de proteção

As redes de proteção são estruturas posicionadas abaixo e no entorno das cordas de cultivo de algas para protegê-las da herbivoria, principalmente de peixes e tartarugas, além de outros animais aquáticos, responsáveis por severos danos aos cultivos. Em determinadas localidades, seu uso torna-se indispensável para garantir o sucesso do cultivo, ao mesmo tempo em que onera os custos de instalação. Estas redes estão disponíveis no comércio brasileiro ou podem ser confeccionadas manualmente. As dimensões da rede de proteção dependerão do sistema de cultivo adotado.

Para os cultivos utilizando tubos de PVC, as redes poderão ter o comprimento igual a um módulo de cultivo, o que equivale à distância de um flutuador ao outro. A reunião de diversos módulos forma uma balsa flutuante e, dessa forma, se tivermos uma balsa com 10 módulos, teremos igualmente 10 redes de proteção. Por exemplo, cordas de cultivo de 5m são plantadas em módulos onde os flutuadores estão posicionados a cada 5,5m. Para esta situação, a rede de proteção deverá ter dimensões de 5,5m de comprimento x 2m de largura x 1m de profundidade, onde: 5,5m é a distância entre um flutuador e outro; 2m equivale ao comprimento do flutuador e 1m equivale à distância entre a superfície e o fundo da rede. Nesses cultivos, a rede de proteção apresenta um formato retangular e deverá ser fixada pela extremidade superior nos 4 lados de um módulo. Na lateral maior, fixada aos cabos do *longline* (Figura 8A, 8B, 8C) e na lateral menor, fixada aos flutuadores (Figura 8D). A fixação poderá ser feita com fios tipo *nylon* ou seda, mas o recomendável são as presilhas tipo “língua de sogra” ou abraçadeiras de *nylon* pretas que possuem proteção UVA/UVB. Existem também as abraçadeiras transparentes que não possuem proteção contra os raios do sol e quebram em menos de 6 meses de uso.

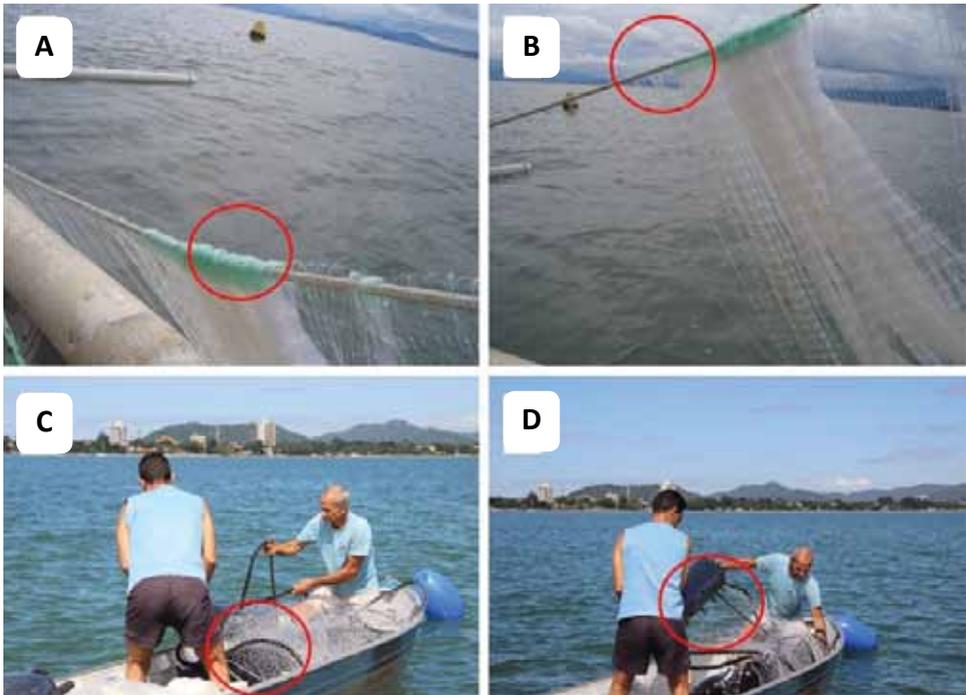


Figura 8. (A, B, C) Redes de proteção contra herbivoria posicionadas abaixo dos cultivos de algas e (D) fixadas nos cabos laterais e nos flutuadores

Nos quatro vértices da rede de proteção é recomendável o uso de abraçadeiras maiores e mais resistentes que fortalecem a fixação, como as de 520mm x 12mm. Já para as laterais, abraçadeiras menores poderão ser utilizadas (387mm x 7,6mm). As abraçadeiras facilitam muito a mão de obra de instalação e fixação das redes que deverá ocorrer no mar, depois que as balsas já estiverem instaladas. Para manter as redes de proteção fundeadas e com suas panagens esticadas, pesos de 5kg devem ser instalados nos quatro vértices do fundo da rede de proteção e outros dois, um de cada lado, posicionados no meio das laterais maiores (Figura 8A, 8B, 8C, 8D). A profundidade da rede não deve exceder 1m, evitando, dessa forma, sobrecarregar a estrutura da balsa com excesso de peso. Esta sobrecarga aumenta diariamente com o crescimento de organismos incrustantes sobre as malhas da rede, sendo necessária a limpeza periódica. Em razão disso, quanto maior a panagem, maior a fixação e maior a sobrecarga sobre a estrutura.

Para os cultivos com FCE, a figura dos módulos e das balsas deixa de existir e é substituída por um *longline* duplo, com cordas de cultivo e redes de proteção contínuas, com o mesmo comprimento do *longline* (50 ou 100m). A rede de proteção terá o mesmo comprimento do *longline* e poderá ter formato retangular (Figura 9A). A fixação se dará igualmente nos cabos laterais e no primeiro e no último flutuador. Para os produtores que optarem pelo cultivo integrado com moluscos, as redes de proteção poderão ter formatos diferentes para impedir o enroscamento da rede com as lanternas de ostras e/ou pencas

de mexilhões. Nestes casos, a rede poderá ter uma forma de “U” ou rede em “V” (Figura 9B). Estas opções de formato da rede para os cultivos integrados ainda não foram testadas e são fruto de estudos que iniciaram em 2021 e devem ir até 2024.

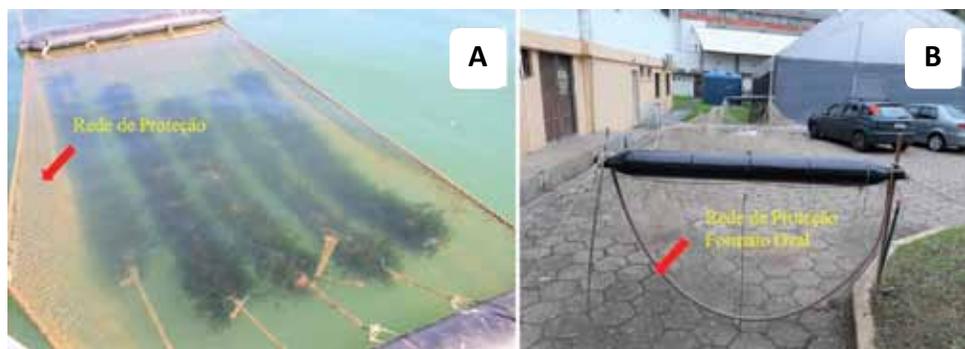


Figura 9. (A) Rede de proteção com formato retangular e (B) com formato oval

As redes são estruturas maleáveis e vendidas com o comprimento esticado. Por essa razão, a malha fica esticada, fechada e praticamente sem altura. Quando se começa a puxar no sentido da largura para ganhar altura, a malha vai se tornando modulada e retraindo o comprimento, ou seja, perde comprimento e ganha largura. Dessa forma, para a malha ficar modulada, ela perde em torno de 30% do comprimento; e para armar uma rede de 20m x 5m de malha, serão necessários, aproximadamente, 30m de pano de rede esticado. Assim, para cobrir 100m de balsas teremos: $100\text{m} / 20\text{m} = 5$ panos de rede de 30m, totalizando 150m. Existem diversas opções de rede com custos variáveis e com especificações diferentes que o produtor deverá avaliar. O tamanho de malha recomendado varia de 20 a 40mm (utilizadas nos estudos de Santa Catarina), mas é dependente do tamanho e da idade das espécies predadoras de cada região.

O período de limpeza das redes irá variar de acordo com o local de cultivo, com a época do ano e com a temperatura da água. No período de inverno, há uma tendência de redução de organismos incrustantes e no verão, uma tendência de aumento. Em determinadas localidades, o volume de organismos incrustantes que colonizam as redes é muito intenso, exigindo limpezas mais frequentes. As limpezas são muito importantes para evitar a sobrecarga de peso nas estruturas à medida que os organismos crescem; caso contrário os predadores entram pela superfície, conforme os módulos afundam, inviabilizando a função das redes de proteção (Figura 10). O manejo tanto para limpeza quanto para substituição dessas redes é trabalhoso, podendo ser feito no mar ou em terra. O manejo no mar é o desejável, mas vai depender do tipo de embarcação e do comprimento da panagem da rede. Em geral, as redes menores facilitam a limpeza, a substituição e o conserto das mesmas.



Figura 10. Redes de proteção contra predadores colonizadas por organismos incrustantes

Nos estudos de Sambaqui, as fortes predações responderam por uma redução de até 80% da biomassa. A herbivoria é mais intensa nas fases iniciais do plantio, quando as algas são mais frágeis e menores. Conforme elas crescem, a herbivoria diminuiu consideravelmente e em muitas ocasiões os cultivos são viáveis sem o uso das redes de proteção. É importante destacar este fato para lembrar que nem sempre as redes de proteção serão necessárias; seu uso implica mais custos e mão de obra. Para cada local de cultivo haverá maior ou menor necessidade de uso e poderá haver épocas diferentes de uso.

Dentre os predadores de algas verificados nos estudos de Santa Catarina, o marimbau foi o que causou maior prejuízo (Figura 11A, 11B). Para confirmar a herbivoria, alguns exemplares do marimbau foram sacrificados para avaliação do conteúdo do trato digestivo, onde foram encontrados pequenos pedaços da macroalga *K. alvarezii* (Figura 11C, 11D).

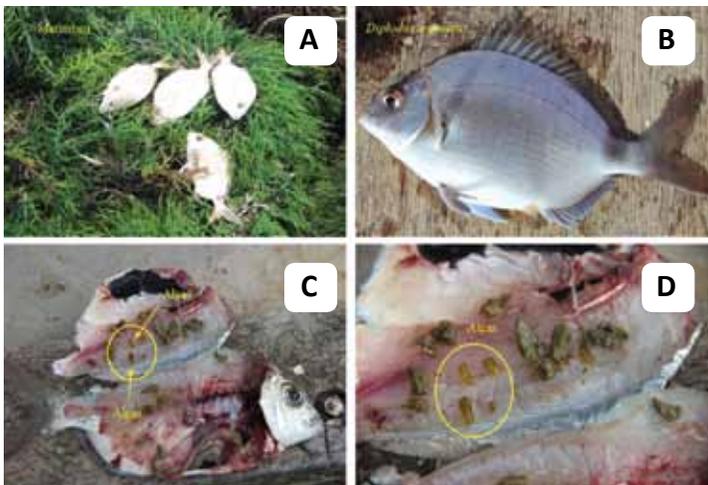


Figura 11. (A) Marimbaus capturadas dentro das redes de proteção contra predadores; (B) morfologia do marimbau, cujo nome científico é *Diplodus argenteus*; (C) algas encontradas no trato digestivo do marimbau; (D) detalhe de pequenos ramos da *K. alvarezii* encontrada no trato digestivo do marimbau

Em 2019, a Epagri foi informada por produtores e pesquisadores do Rio de Janeiro sobre a forte herbivoria sobre os cultivos de *K. alvarezii*, que estava impactando a atividade. Relatos de herbivoria por tartarugas marinhas também têm sido observados em São Paulo.

A herbivoria de algas é comum e ocorre no cultivo de qualquer espécie em todo o mundo, mas dependendo da intensidade ela precisa ser controlada para que não inviabilize a atividade. Em 2019, na Praia de Sambaqui, as algas cultivadas com rede de proteção permaneceram crescendo e intactas (Figura 12A); por outro lado as algas cultivadas sem a rede de proteção perderam em torno de 90% da biomassa, fato que inviabiliza a atividade (Figura 12B).



Figura 12. (A) Algas cultivadas na Praia de Sambaqui em maio de 2019, sem herbivoria, e (B) em dezembro de 2019, com forte herbivoria

4.3 Poitas ou estacas

A maioria dos produtores catarinenses já possui seus *longlines* instalados e, portanto, já fixados com poitas e/ou estacas. Para integrar o cultivo de algas ao cultivo de moluscos, bastará adequá-los ao sistema de cultivo eleito pelo produtor. No entanto, o dimensionamento ou redimensionamento das poitas e estacas dependerá do material utilizado e do sistema de cultivo escolhido, que poderá ser de uma, duas ou até três espécies, na mesma estrutura. Considerando estas variáveis, deve-se avaliar a necessidade de reforçar as poitas e/ou estacas. Além disso, o peso do sistema de cultivo (cabos, flutuadores, lanternas, animais incrustantes) também acarreta resistência hidrodinâmica, que é transferida às poitas e/ou estacas. De maneira geral, o sistema de ancoragem deve ter um peso equivalente a 1/3 do somatório destas forças.

Os experientes maricultores catarinenses, que há mais de 30 anos cultivam moluscos, utilizam poitas que variam de 1.000 a 1.500kg em áreas onde a velocidade das correntes marinhas não ultrapassa os 2.000 nós. Nos locais com correntezas acima dessa velocidade, as poitas podem chegar a até 1.800kg, porém, nestas situações, os maricultores preferem recorrer a estacas que variam de 1,5 a 3m de comprimento, com diâmetros de 100 a 200mm, enterradas de 2 a 3 metros abaixo da superfície. Atualmente, muitos produtores localizados em áreas abrigadas passaram a utilizar estacas ao invés das tradicionais poitas, que vêm sendo substituídas gradualmente pela facilidade de fixação e

manejo. O peso das poitas e a dificuldade de transportá-las para o mar e de posicioná-las corretamente vêm favorecendo essa substituição.

As estacas de concreto armado estão deixando de ser utilizadas porque com o tempo o ferro oxida e rompe o concreto. Alguns produtores passaram a confeccioná-las em concreto não armado, com os cabos de espera fixados na região central da estaca. Estas estacas devem ser enterradas a 3m de profundidade, pois, dessa forma, a corda é fixada na alma da estaca e não permanece roçando no concreto uma vez que o substrato mantém a corda imobilizada, impedindo o atrito e a ruptura.

O dimensionamento das estruturas que envolvem a implantação dos dois sistemas de cultivo integrados propostos por este documento (S1 = Alga + Mexilhão; S2 = Alga + Ostra), além do monocultivo de algas, será detalhado no item 5.

4.4 Plantio

Propágulos é o nome utilizado para as mudas de algas que serão cultivadas. A espécie *K. alvarezii* apresenta predominantemente reprodução por propagação vegetativa, e por esta razão ela está presente em mais de 50 países. A propagação vegetativa é um enorme diferencial porque o cultivo não depende de reprodução sexuada, resultando no encurtamento dos ciclos de cultivo. No entanto, a disponibilidade de mudas de *K. alvarezii* durante o inverno é um desafio para a Região Sul. Por ser uma espécie de clima tropical, há necessidade de interromper o cultivo nos meses com temperaturas abaixo de 20°C (normalmente entre junho e agosto, no período do inverno), retornando em setembro e prosseguindo até maio. Não havendo cultivo de inverno, também não haverá mudas suficientes para recomeçar os cultivos em setembro. Diante destes fatos, destacamos, atualmente, três alternativas que devem ser consideradas para garantir o sucesso dos cultivos a partir de setembro: a) manutenção de mudas em estufas; b) comércio de mudas adquiridas em outros estados; c) manutenção de algas no mar durante o período de inverno. Esta última opção é a mais desejada porque envolve menos custos, no entanto o produtor fica dependente de invernos amenos, em que uma pequena biomassa de algas consegue sobreviver, como os ocorridos durante os anos de 2018, 2019 e 2020.

As redes tubulares são estruturas que vêm sendo utilizadas para confeccionar as cordas de cultivo de algas, e são as mesmas utilizadas para o ensacamento de mexilhões, com malha de 35mm entre nós. Elas apresentaram uma facilidade de plantio bastante superior ao método tradicional chamado “tai-tai” (em inglês tie-tie) utilizado nos principais centros produtores mundiais. O método “tai-tai” está sendo gradualmente substituído pelo método da rede tubular e consiste na amarração de mudas de algas, uma a uma (Figura 13) em uma corda de cultivo principal. É praticado por comunidades litorâneas de baixíssima renda, onde a mão de obra do cultivo de macroalgas é a única fonte de renda. As áreas de cultivo estão localizadas em regiões protegidas, rasas, onde o produtor tem acesso aos cultivos a pé. Nestes ambientes tranquilos não ocorre perda de biomassa de algas causadas pela força da maré.

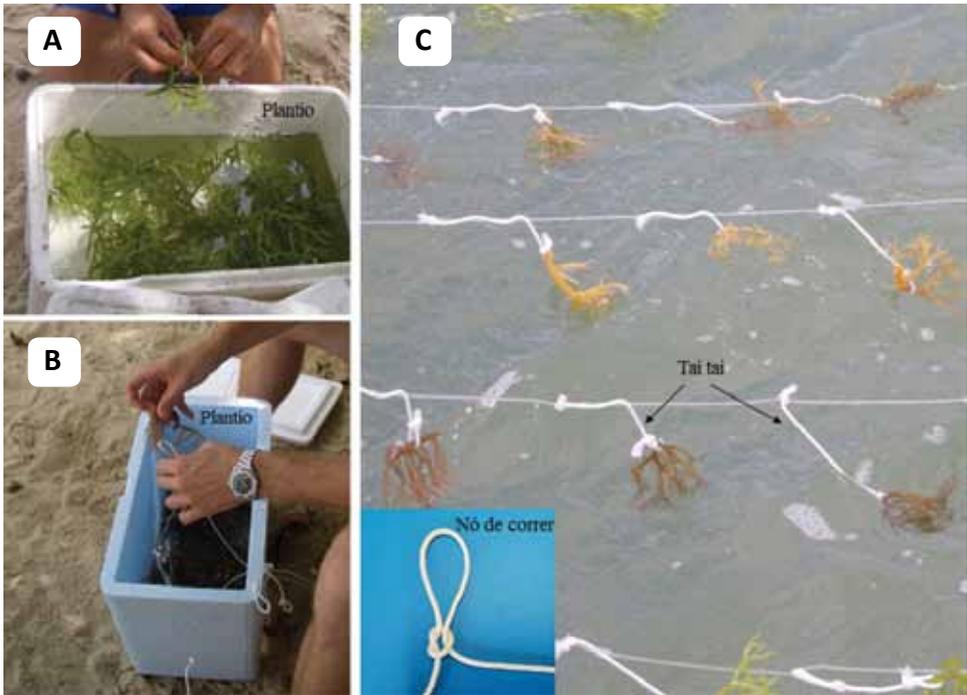


Figura 13. (A, B) Operações de plantio utilizando o método “tai-tai”, que (C) consiste na amarração de mudas de algas com nó de correr, uma a uma

No Brasil e em Santa Catarina, os estudos iniciaram com o método “tai-tai”, que acabou sendo impraticável pelo volume de mão de obra e tempo despendido com as amarrações de cada muda. Mas a principal desvantagem foi a perda de algas com este sistema de cultivo, em virtude das fortes correntezas, características do litoral sul-brasileiro, que causavam a ruptura das algas. Desde então, esforços foram dirigidos para diversos processos de amarração das algas até a utilização de redes tubulares, sugerida por pesquisadores do Rio de Janeiro, que se mostrou muito eficiente por oferecer maior proteção contra a ação mecânica das correntes marinhas.

Nessa técnica, tubos de PVC 100mm são envolvidos por redes tubulares com o auxílio de uma garrafa pet (Figura 14A). Em uma das extremidades é feito um nó unindo a rede tubular à uma corda de 6 a 8mm de espessura (Figura 14C). Na outra extremidade pode ser acoplado um funil para facilitar o plantio dos propágulos (Figura 14B). À medida que o tubo de PVC vai sendo preenchido com algas, a rede tubular deve ser igualmente deslizada para baixo até se formar uma corda de cultivo de algas (Figura 14E, 14F). Finalizada a operação, a outra extremidade é igualmente atada a uma corda de 6 a 8mm e fixada nas balsas de cultivo.



Figura 14. (A, C) Etapas do plantio da macroalga em redes tubulares, utilizando um tubo de PVC 100mm e uma garrafa pet que facilita a acomodação da rede no tubo; (B) um funil que facilita a colocação das mudas dentro do tubo; (D) a introdução das mudas dentro do tubo e (E, F) as cordas de cultivo confeccionadas

É importante destacar que o sistema de plantio em redes tubulares poderá facilitar a mecanização, tanto na etapa de plantio quanto na de colheita. Este objetivo vem sendo perseguido como estratégia para diminuir os custos de produção com mão de obra, para aumentar a escala de produção e para garantir a qualidade da alga, pois quanto maior o tempo gasto com as operações de plantio e colheita, maior os danos causados nas algas que são sensíveis fora da água, podendo impactar no preço final.

As redes tubulares, chamadas também de cordas de cultivo, podem ter comprimentos que variam de 4 a 5m, quando destinadas ao sistema de pequena escala em que o manejo (plantio e colheita) é realizado manualmente. Para os cultivos de larga escala, as cordas de cultivo poderão ter o mesmo comprimento do *longline*, ou seja, de 50m até 100m de comprimento. Nestes casos, há necessidade do uso de espaçadores posicionados entre as cordas de cultivo para impedir que elas girem, como se fossem ventiladores, ocasionando o estrangulamento das algas e a perda de sua biomassa para o ambiente marinho.

A densidade de plantio das redes tubulares é de 1kg de algas por metro linear. Os ciclos de cultivo podem variar de 3 a 5 ciclos por ano. O número de ciclos de cultivo é dependente do rigor do inverno, do estado fisiológico (qualidade) das mudas e da disponibilidade de um volume de mudas suficiente para plantar o equivalente a 100% da área total de uma fazenda marinha. Em anos com invernos rigorosos, os ciclos de cultivo diminuem para 4 e, em anos com invernos amenos, podem atingir 5 ciclos. Pela importância deste tema, no item 4.5 serão abordados aspectos que envolvem a viabilidade de obtenção de mudas.

O plantio das cordas de cultivo merece bastante atenção, obedecendo o espaçamento de 30cm entre elas e a correta fixação destas aos flutuadores (Figura 15D). Estes cuidados irão manter o alinhamento e o espaçamento correto ao longo dos 100m de comprimento das cordas dos sistemas de cultivo de larga escala, evitando o atrito entre as cordas que causa a quebra dos ramos, permitindo boa difusão da luz para a realização da fotossíntese, resultando em maior crescimento e produtividade. Por estas razões, para os casos das boias FCE é recomendável a fixação das cordas em abraçadeiras (520mm x 12mm) instaladas nas ranhuras ou esperas dos flutuadores, localizadas a cada 30cm ao longo do flutuador (Figura 15A). A união das cordas de cultivo nas abraçadeiras dos flutuadores é realizada com uma segunda abraçadeira de menor tamanho, utilizando volta dupla (400mm x 5mm) (Figura 15B, 15C). As cordas de cultivo devem permanecer de 30 a 40cm abaixo da superfície, pois quanto maior a incidência de luz, maior a fotossíntese e consequentemente maior o crescimento. O produtor deve ter o cuidado para que as cordas não fiquem muito esticadas, caso contrário as algas crescem na superfície, entrando em contato com o ar, o que resulta na morte das partes em contato com o ar, percebida pela coloração esbranquiçada destas partes. Portanto, o produtor deve ter noção da variação da maré e do momento da maré em que está plantando as algas; se o plantio for na maré baixa, a corda de cultivo precisa ser mantida em profundidades maiores, de forma que, quando a maré encher, a corda permaneça totalmente submersa a 30cm abaixo da superfície.

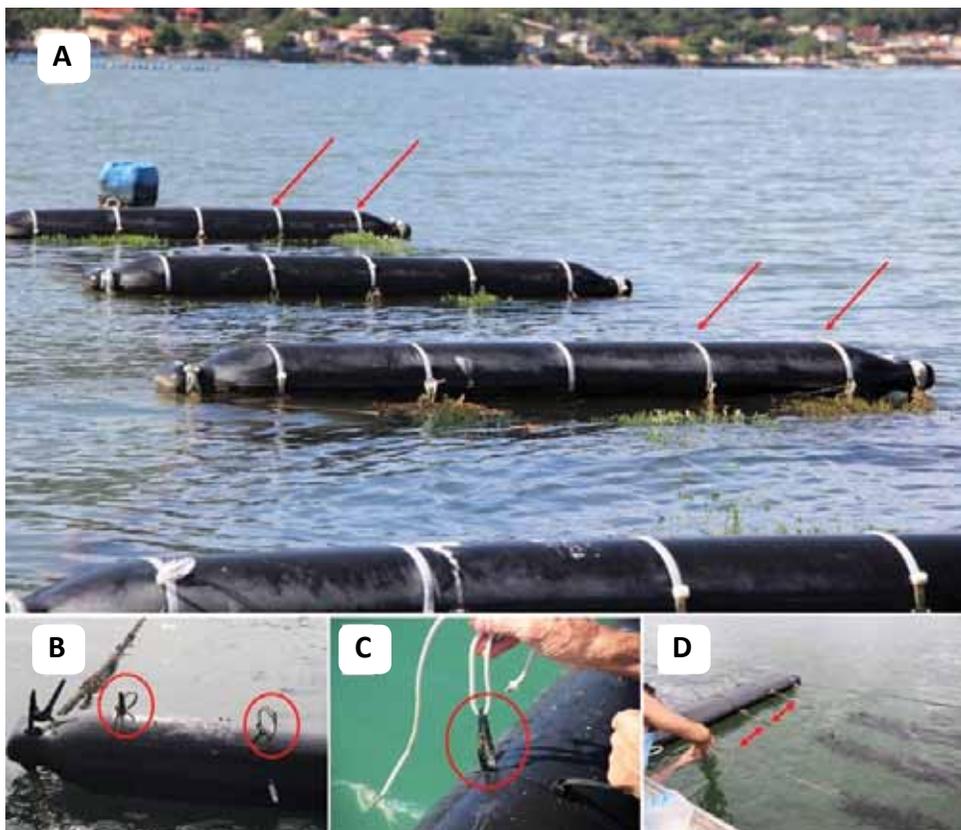


Figura 15. (A) As setas apontam as abraçadeiras de tamanho 520mm x 12mm fixadas nas esperas (ranhuras) dos flutuadores FCE para manter o distanciamento de 30cm entre as cordas de cultivo; (B) os círculos vermelhos destacam as abraçadeiras de tamanho 400mm x 5mm utilizadas para unir as abraçadeiras maiores às cordas de cultivo; (C) detalhe da amarração de uma corda de cultivo; (D) as setas vermelhas apontam para o espaçamento correto e desejado entre as cordas de alga para evitar o atrito entre elas e, com isso, a perda de biomassa e de produção

No sistema de larga escala, as cordas de cultivo de 100m de comprimento são destinadas para alimentar sistemas mecanizados tanto de plantio quanto de colheita, da mesma forma como ocorre no sistema contínuo de produção de mexilhão. Tais máquinas ainda não estão disponíveis no comércio nacional, mas um protótipo de colheitadeira de alga foi desenvolvido pela Epagri e pela UFSC e apresentado no 23º Simpósio Internacional de Macroalgas, ocorrido na Coreia em 2019 (https://youtu.be/nxaEdImn_1U). A concepção desta máquina foi baseada nos modelos de máquinas já existentes para colheita de moluscos e o mesmo processo de concepção deverá ocorrer para o plantio de algas.

A opção por um dos dois sistemas será do produtor, que deverá fazer a escolha levando em consideração a mão de obra de plantio e colheita, o número de ciclos anuais de cultivo, o tamanho da fazenda marinha e a capacidade de investimento.

A demanda por mão de obra para o monocultivo de algas pode ser prospectada como segue:

Fazenda marinha = 1 hectare (100m x 100m)

A – Ciclos de cultivo = 5 ciclos/ano

B – Mão de obra no plantio = 2,27 dias homem/ciclo

C – Mão de obra na colheita = 4,55 dias homem/ciclo

D – Mão de obra de manutenção das estruturas = 3,3 dias homem/ciclo

Mão de obra total/ciclo = B + C + D = 10,12 dias homem

Mão de obra anual = 10,12 dias homem x 5 ciclos/ano = 50,6 dias homem/ha

Então, serão 50,6 dias de trabalho para 1 homem/ha ou 101,2 dias homem para uma fazenda marinha de 2ha. Este cálculo pretende justificar ou pelo menos ilustrar a recomendação da necessidade de mecanização para fazendas marinhas que possuam mais de 1ha, pois, na composição dos custos de produção, o produtor poderá observar que a mão de obra é o componente que sai mais caro. Daí a importância de reduzir a mão de obra, porque quanto menor o custo de produção, maior o lucro.

4.5 Obtenção de mudas ou propágulos

Existem três alternativas para garantir o plantio de mudas entre os ciclos produtivos, apresentadas a seguir.

4.5.1 Reserva de mudas entre ciclos

Para cada ciclo produtivo, o produtor deverá reservar 20% da sua produção para o plantio do ciclo subsequente, podendo comercializar os 80% restantes. Pensando em cadeia produtiva, reside aí um problema a ser superado em Santa Catarina: a manutenção das mudas durante o período de inverno, principalmente nos meses de junho, julho e agosto, quando a *K. alvarezii* não poderá ser cultivada e, portanto, não haverá reserva de mudas para o replantio. À medida que se aproxima do inverno, o crescimento da alga vai diminuindo e, de maneira geral, é interrompido quando a temperatura da água atinge 18°C. Nesse momento, a alga entra em estresse fisiológico, apresentando *ice-ice* (doença degenerativa do talo), bem como diminuição na rigidez dos talos, que se tornam menos vigorosos e mais maleáveis (Figura 16B, 16D) e podendo resultar em uma mortalidade massiva conforme a temperatura se aproxima dos 15°C (Figura 16A, 16C). Nestas situações de invernos mais rigorosos, há necessidade de manutenção das mudas em estufa ou em laboratório. Em invernos mais amenos, como os ocorridos em 2018, 2019 e 2020, as algas poderão ser mantidas no mar e poderão sobreviver, mas mesmo nestas condições a perda de biomassa pode ser maior que 80%.

A manutenção dos propágulos durante o período de inverno é essencial para garantir as safras anuais subsequentes. Pensando no menor custo de produção, o desejável seria a manutenção desta biomassa no próprio ambiente de cultivo, ou seja, no mar. No entanto, como já visto anteriormente, nem sempre será possível e, nestas situações, alternativas devem ser apresentadas ao setor produtivo. Dentre as alternativas, temos a manutenção de propágulos em estufas e/ou a compra de propágulos de outros centros produtores (comércio de mudas). As duas alternativas precisam ser mais bem avaliadas, pois ainda carecem de estudos e maiores informações.

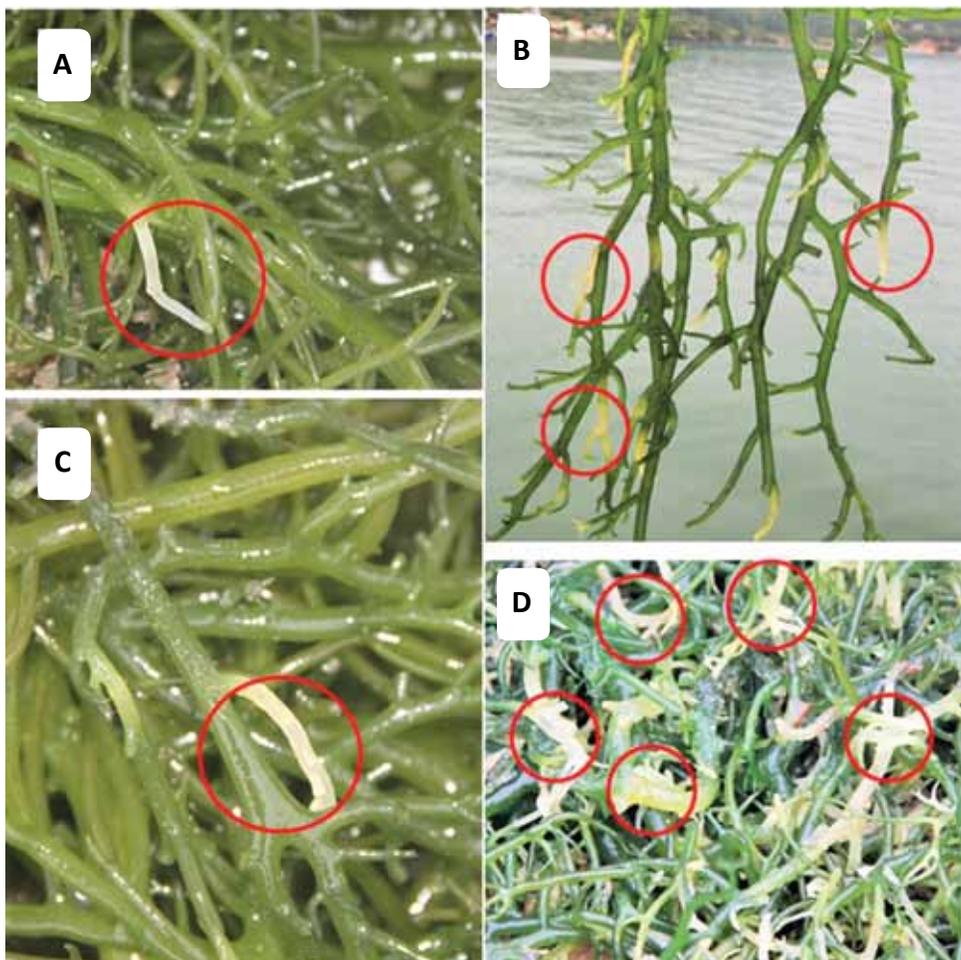


Figura 16. (A, C) Os círculos vermelhos destacam a presença de *ice-ice* provocado pelo resfriamento da água em invernos amenos e (B, D) em invernos mais rigorosos

4.5.2 Manutenção de mudas em estufas

Para a manutenção das mudas em estufas há um protocolo básico experimental de pequena escala que precisa ser aprimorado para atender grandes volumes. As estufas podem ser confeccionadas com materiais simples como plásticos e madeiras. Existem inúmeros modelos e tipos de tanques disponíveis no mercado. Tais tanques poderão ser equipados com aquecedores de água, termostatos ou, ainda, trocadores de calor para regular a temperatura da água, além de lâmpadas apropriadas para simular o fotoperíodo adequado e bombas de recalque. O regime de fornecimento de luz é diferente do que ocorre em ambiente natural, limitado para a manutenção da alga e não para a promoção do crescimento, pois quanto maior a biomassa de alga, maior necessidade de infraestrutura, resultando em aumento considerável de custos. Os filtros são igualmente muito importantes, principalmente se a opção for por sistemas fechados, onde a água é totalmente reaproveitada. Entretanto, por não possuir troca de água frequente, é preciso fornecer alguma fonte de nutrientes, como NPK ou efluentes de cultivo de outros organismos aquícolas. Como os empreendimentos dos produtores estão localizados próximos ao mar, tais filtros devem ser utilizados junto às bombas que fornecem fluxo contínuo de água do mar (bombas de recalque). Isso é importante para evitar que outros organismos como outras espécies de macroalgas e microalgas entrem no sistema e compitam com os propágulos, comprometendo sua saúde. Desta forma, caso as estufas estejam localizadas próximas ao mar, rotinas de trocas parciais da água dos tanques são recomendadas porque diminuem os custos de manutenção principalmente associada a nutrientes, desonerando o preço de comercialização das mudas.

A estufa poderá ser dimensionada de acordo com o tamanho da fazenda marinha. A demanda de mudas para o plantio de um ciclo de produção é de aproximadamente 9.072kg/ha de alga, em redes tubulares. O custo de manutenção destas mudas em estufa aumenta proporcionalmente com o volume de algas a ser mantido, daí a importância em identificar qual o volume necessário para o replantio e quanto estes custos impactam no preço final de comercialização das algas. Com estas informações, o produtor poderá avaliar se o preço final é competitivo ou não.

Caso o produtor não tenha condições de produzir um volume de mudas suficiente para o replantio de toda a sua fazenda marinha após a passagem do inverno, ele poderá partir de um volume menor e prosseguir replantando 100% das algas ao invés de colher, até atingir a biomassa necessária para realizar o plantio de toda a fazenda marinha. A partir daí, passa a realizar a colheita de 80% destinada ao comércio e de 20% para replantio. Certamente este tipo de manejo não é desejável, porque atrasa os ciclos produtivos em pelo menos 45 dias, que é o período mínimo de um ciclo produtivo, em temperaturas ótimas.

Foi observado que as mudas mantidas em laboratório durante o inverno, ao serem transferidas para o mar, passam por um processo de adaptação ao ambiente marinho, atrasando o seu desenvolvimento. Já aquelas mudas que permaneceram no mar durante o inverno não passam por este processo de adaptação e, com a chegada das águas quentes de setembro, respondem imediatamente ao crescimento. Esta precocidade desejável é um diferencial importante para a obtenção dos 5 ciclos anuais.

4.5.3 Comércio de mudas

O comércio de mudas é uma das soluções a ser considerada. Apenas os estados de São Paulo e Rio de Janeiro possuem autorização para produzir esta espécie, além de Santa Catarina. A compra das algas da Região Sudeste evitaria a sua manutenção em estufas durante 3 meses de inverno. No entanto o produtor deve avaliar qual o melhor custo-benefício, se manter em estufas por 3 meses ou comprar as mudas de outras regiões produtoras (RJ e SP). Qual das alternativas é a mais viável e qual apresenta o menor custo? Para estas perguntas ainda não há resposta concreta, mas algumas considerações foram realizadas no item 4 e poderão auxiliar em futuras prospecções e comprovações. Caso faça a opção pela compra de mudas, é recomendável estabelecer, antecipadamente, um contrato de compra e venda, em que um ou mais produtores de São Paulo ou Rio de Janeiro possam produzir o volume necessário para a demanda catarinense. Além das garantias contratuais, o transporte das mudas é um desafio que merece atenção para manter a sanidade dos propágulos. Durante o transporte, é importante estabelecer um protocolo para a manutenção da temperatura e da umidade. Este controle poderá ser obtido por meio de caminhões climatizados; ou caixas tipo “*transfish*”, utilizadas para o transporte de peixe; ou ainda em embalagens tipo sacos plásticos, com água e ar, mantendo os sacos inflados para não compactar as algas. Ainda não está estabelecida a melhor estratégia para o transporte de algas e o que foi relatado anteriormente foi baseado no transporte de outros organismos aquáticos.

O comércio de algas é normatizado pela legislação do órgão ambiental federal. A primeira legislação diz respeito à IN Ibama nº 89/2006: “Art. 1º Permitir a exploração, a exploração, o transporte e a comercialização, inclusive a revenda, de algas marinhas do litoral brasileiro, conforme critérios definidos” (IBAMA, 2006). No entanto, esta legislação apenas trata do comércio extrativista e não contempla as algas originárias da maricultura. De qualquer forma, para fins de transporte de algas, independentemente da procedência (extrativismo ou maricultura), o Art. 6º “estabelece que para o transporte, deverá ser emitido pelo IBAMA, a Guia de Trânsito para Algas Marinhas – GTAM, conforme requerimento (Anexo III) (IBAMA, 2006)”. A segunda legislação diz respeito à IN Ibama nº 1/2020,

Art. 5º - A comercialização de mudas somente será permitida mediante emissão de certificado de comprovação da espécie por instituição de pesquisa oficial, onde deverá constar, além da espécie, a confirmação de que o processo de propagação ocorre de forma vegetativa (IBAMA, 2020).

Em outras palavras, com essa normativa, o Ibama quer assegurar que a alga comercializada é a *K. alvarezii* e que os indivíduos transportados se propagam apenas vegetativamente.

É importante ainda considerar a Portaria Ibama nº 145/1998, que “Estabelece normas para introdução, reintrodução e transferência de peixes, crustáceos, moluscos e macrófitas aquáticas para fins de aquicultura nas Unidades Geográficas de Referência

(UGRs)”. Esta IN classifica as regiões Sul-Sudeste (RJ + SP + PR + SC + RS) como pertencentes à mesma UGR e, neste caso, quando a espécie já está presente na mesma UGR, informa que “as restrições ater-se-ão somente aos aspectos sanitários” (IBAMA, 1998) . Em outras palavras, salvo posicionamentos contrários, o entendimento é de que o transporte e a comercialização de *K. alvarezii* entre São Paulo, Rio de Janeiro e Santa Catarina é permitido, pois pertencem à mesma UGR. Mas há uma fragilidade nesta portaria, pois ela é antiga (1998) e não contemplou as algas como espécies exploradas pela aquicultura, apenas as macrófitas aquáticas, que são plantas aquáticas, categoria em que as algas não se enquadram. Existe portanto a necessidade de atualização desta portaria para contemplar as algas e, dessa forma, amparar o transporte da *Kappaphycus alvarezii* dentro da mesma UGR.

Com base na legislação apresentada, o entendimento é o de que do ponto de vista legal o transporte e o comércio de algas poderão ser realizados. Já do ponto de vista administrativo, não existe um caminho estabelecido em virtude do pioneirismo da atividade, portanto ele precisará ser construído pelos primeiros interessados nesta alternativa de renda. De toda maneira, tendo em vista os acontecimentos dos últimos 15 anos em outros países, recomenda-se uma quarentena, mesmo entre as regiões, por 15 dias, para que outras espécies não sejam introduzidas acidentalmente e acabem competindo com a produção de *K. alvarezii*. Essa quarentena poderá ser realizada em tanques com troca de água frequente. Essa água não poderá ser devolvida ao mar, e deverá ser descartada em terra.

4.6 Colheita

Como citado anteriormente, a densidade de plantio é de 1kg/m linear. Quando as cordas de cultivo atingem 7kg/m linear, é necessário fazer a colheita. A taxa de crescimento (TC) das algas pode ser calculada e acompanhada por meio da fórmula proposta por Yong et al. (2013):

$$TC = \left[\left(\frac{B_f}{B_i} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \right] \times 100$$

Onde:

TC = taxa média de crescimento;

Bf = biomassa final;

Bi = biomassa inicial;

t = tempo em dias.

Com esta fórmula, o produtor poderá pesar uma corda de cultivo, no momento do plantio, e, após um período de tempo que equivale a um ciclo de cultivo, pesar novamente. O ciclo de cultivo poderá ser de 35 a 60 dias dependendo da estação do ano. Densidades de colheita maiores que 7kg/m deverão ser evitadas, pois a partir deste volume, as algas começam a despencar, a cair, pelo excesso de peso e o produtor começa a perder dinheiro. Portanto, é muito importante o produtor observar o momento ideal de colheita. A avaliação do crescimento ao longo dos ciclos e dos anos é uma informação muito importante que

poderá determinar estratégias de manejo, melhores locais para o crescimento, melhor profundidade de plantio etc.

A colheita poderá ser manual ou mecanizada, dependendo do tamanho da fazenda marinha. As máquinas que estão sendo desenvolvidas para plantio e colheita das algas são mais baratas do que aquelas desenvolvidas para o cultivo de moluscos. As algas, por sua natureza frágil, demandam máquinas mais compactas e de menor dimensionamento do que aquelas dirigidas aos moluscos. Dessa forma, seria ideal o produtor de algas avaliar como será seu plantio e sua colheita, levando em consideração que irá realizar de 4 a 5 ciclos de cultivo anuais, ou seja, 4 a 5 operações de plantio e colheita.

Em 2009 e 2010, nos estudos de Florianópolis, as taxas de crescimento variaram de 0% a 5,12% ao dia, durante o ano. As maiores taxas de crescimento foram observadas em fevereiro (de 4,07 e 5,12% ao dia), com temperatura média em torno de 28°C, e as taxas de crescimento mais baixas foram observadas em junho e julho (0% a 0,8% ao dia), com temperatura média de 17°C. Nestas temperaturas de inverno, as algas começaram a morrer e a doença oportunista conhecida como *ice-ice* invadiu os cultivos. Em junho de 2019, o inverno foi mais ameno, com temperatura mínima superior a 19°C e a taxa de crescimento em Sambaqui e Governador Celso Ramos foi de aproximadamente 1% ao dia. No Ribeirão da Ilha e em Penha a taxa de crescimento foi maior, atingindo uma média de 2,57% ao dia. O município de Penha apresentou as maiores temperaturas para o mês de junho, sempre acima de 22°C.

Estas recomendações técnicas deverão ser mais bem observadas e avaliadas em situação de cultivos de larga escala. Em algumas situações o produtor poderá colher precocemente, antes que as cordas de cultivo atinjam 7kg/m, como, por exemplo, em locais onde ocorrem fortes incrustações, ou em períodos do ano em que a temperatura da água se torna desfavorável para a permanência das algas no mar. Estes problemas podem comprometer a qualidade da alga, justificando a colheita antecipada das cordas que ainda não atingiram a densidade ideal de plantio.

5 PRODUTIVIDADE DOS SISTEMAS DE CULTIVO

5.1 Sistema de monocultivo com balsas de PVC

As balsas de PVC com comprimento de 100m possuem 20 módulos. Cada módulo mede 3m de largura x 5m de comprimento, onde são posicionadas 8 cordas de cultivo de algas com espaçamento de aproximadamente 33cm entre cordas. A densidade de plantio é de 1kg/m linear, ou seja, são necessários 4,5kg de alga para o plantio de 1 corda de cultivo de 4,5m. A distância entre uma balsa de cultivo e outra pode variar de acordo com as características de cada localidade, sendo que em áreas mais protegidas o espaçamento pode ser menor do que em áreas mais desabrigadas uma vez que é necessário maior espaço para manobra das embarcações de manejo. Assim, o espaçamento entre as balsas de cultivo pode variar e, conseqüentemente, a produtividade por hectare também, resultando em uma relação inversamente proporcional, ou seja, quanto menor o espaçamento, maior o número de balsas por hectare e maior produção.

De maneira geral, a distância recomendada entre uma balsa de cultivo e outra é de 10m, possibilitando a instalação de 8 balsas de cultivo/ha. A densidade de colheita é de 7kg/m linear, ou seja, para cada quilograma de alga plantada podemos colher 7kg, podendo atingir uma biomassa de colheita de 155.077kg (155 toneladas) de alga fresca por ano, considerando 5 ciclos de cultivo (Tabela 3).

Tabela 3. Indicadores de produtividade e lucro bruto da *Kappaphycus alvarezii*, cultivadas em balsas de cultivo, com espaçamento entre balsas de 10m, para uma fazenda marinha de 1ha

Indicadores de produtividade da <i>K. alvarezii</i> (ha)	
Espaçamento de 10m entre Balsas de PVC	
Um hectare (100m x 100m)	100,00
A - Largura do tubo PVC (m)	3,00
B - Espaçamento entre balsas (m)	10,00
Total A + B (m)	13,00
Nº de balsas/ha	8
Nº de módulos (5m x 3m)/balsa	20
Nº de cordas de cultivo/módulo	8
Comprimento das cordas de cultivo - CC (m)	4,5
Comprimento total das CC (m) =	5.538
Produtividade (kg/m)	7
Biomassa de colheita (kg/ha/ciclo)	38.769
Demanda por explantes (20%)	7.754
Produtividade de alga úmida (kg/ha/ciclo)	31.015
Ciclos de cultivo anual	5
Produtividade de alga úmida (kg/ano)	155.077
Lucro bruto anual (R\$3,00/kg)	465.230,77
Lucro bruto mensal (R\$)	38.769,23

O número de ciclos de cultivo é dependente do rigor do inverno e do estado fisiológico dos propágulos. Em anos com inverno rigoroso, os ciclos de cultivo diminuem para 4, e em anos com inverno ameno podemos atingir pelo menos 5 ciclos. Como mencionado anteriormente, o espaçamento recomendado entre as balsas de cultivo de PVC é de 10m, mas esta distância poderá ser de 8m (Tabela 4), elevando a produção para 183.273kg de alga fresca por ano, ou de 6m (Tabela 5), elevando a produção para 224.000kg de alga fresca por ano.

Tabela 4. Indicadores de produtividade e lucro bruto da *Kappaphycus alvarezii*, cultivadas em balsas de cultivo, com espaçamento entre balsas de 8m, para uma fazenda marinha de 1ha

Indicadores de produtividade da <i>K. alvarezii</i> (ha)	
Espaçamento de 8m entre Balsas de PVC	
Um hectare (100m x 100m)	100,00
A - Largura do tubo PVC (m)	3,00
B - Espaçamento entre balsas (m)	8,00
Total A + B (m)	11,00
Nº de balsas/ha	9
Nº de módulos (5m x 3m)/balsa	20
Nº de cordas de cultivo/módulo	8
Comprimento das cordas de cultivo - CC (m)	4,5
Comprimento total das CC (m) =	6.545
Produtividade (kg/m)	7
Biomassa de colheita (kg/ha/ciclo)	45.818
Demanda por explantes (20%)	9.164
Produtividade de alga úmida (kg/ha/ciclo)	36.655
Ciclos de cultivo anual	5
Produtividade de alga úmida (kg/ano)	183.273
Lucro bruto anual (R\$3,00/kg)	549.818,18
Lucro bruto mensal (R\$)	45.818,18

Tabela 5. Indicadores de produtividade e lucro bruto da *Kappaphycus alvarezii*, cultivadas em balsas de cultivo, com espaçamento entre balsas de 6m, para uma fazenda marinha de 1ha

Indicadores de produtividade da <i>K. alvarezii</i> (ha)	
Espaçamento de 6m entre Balsas de PVC	
Um hectare (100m x 100m)	100,00
A - Largura do tubo PVC (m)	3,00
B - Espaçamento entre balsas (m)	6,00
Total A + B (m)	9,00
Nº de balsas/há	11
Nº de módulos (5m x 3m)/balsa	20
Nº de cordas de cultivo/módulo	8
Comprimento das cordas de cultivo - CC (m)	4,5
Comprimento total das CC (m) =	8.000
Produtividade (kg/m)	7
Biomassa de colheita (kg/ha/ciclo)	56.000
Demanda por explantes (20%)	11.200
Produtividade de alga úmida (kg/ha/ciclo)	44.800
Ciclos de cultivo anual	5
Produtividade de alga úmida (kg/ano)	224.000
Lucro bruto anual (R\$ 3,00/kg)	672.000,00
Lucro bruto mensal (R\$)	56.000,00

Os valores monetários apresentados são relativos ao comércio da alga fresca, destinada à indústria de biofertilizantes, com demanda nacional crescente. Ainda não existem dados oficiais do comércio nacional de algas frescas, mas, com base em comunicações pessoais de empreendimentos no Rio de Janeiro, o preço praticado ao produtor varia de R\$2,50 a R\$5,00/kg de alga fresca.

Quando a alga é destinada ao comércio de carragenana, coloide extraído da macroalga e amplamente utilizado pelas indústrias alimentícia, química e têxtil, o valor pago ao produtor no mercado internacional é equivalente a U\$1,50/kg de alga seca. No estado do Rio de Janeiro, há relatos de que o preço praticado no comércio de alga viva é de R\$0,45/kg de alga, pago ao produtor. Este valor é regulado pelo mercado internacional e por grandes multinacionais que industrializam e comercializam o produto.

No Brasil, o comércio de biofertilizante tem se mostrado muito mais atrativo do que o da carragenana, pois remunera melhor o produtor. Além disso, poupa o produtor da fase de secagem da alga, como acontece na comercialização destinada à extração de

carragenana, reduzindo tempo, mão de obra e, conseqüentemente, aumentando o lucro final.

5.2 Sistema de monocultivo e de bicultivo com *longline* duplo

No sistema de bicultivo, algas e moluscos são cultivados de forma integrada em *longlines* duplos. As diferenças deste *longline* para aqueles tradicionalmente utilizados no cultivo de moluscos são duas: o tipo de flutuador e o espaçamento entre flutuadores. O FCE foi desenvolvido para esta finalidade, permitindo o cultivo das algas entre os cabos madre. Neste sistema, os flutuadores com 2,09m de comprimento permitem o plantio de 5 cordas de algas ao invés de 8 cordas, como ocorre nas balsas de cultivo em PVC. De maneira geral, a distância recomendada entre um *longline* duplo e outro é de 10m, possibilitando a instalação de 8 *longlines*/ha, podendo atingir uma biomassa de colheita de 115.798kg de alga fresca por ano, considerando 5 ciclos de cultivo (Tabela 6).

Tabela 6. Indicadores de produtividade e lucro bruto da *Kappaphycus alvarezii*, cultivadas em *long-line* duplo, com espaçamento entre balsas de 10m, para uma fazenda marinha de 1ha

Indicadores de produtividade da <i>K. alvarezii</i> (ha)	
Espaçamento de 10m entre <i>longline</i> duplo	
Um hectare (100m x 100m)	100,00
Largura do flutuador (m)	2,09
Espaçamento entre <i>longlines</i> (m)	10,00
Total 2 + 3 (m)	12,09
Nº de <i>long-lines</i>	8
Nº de cordas de cultivo/ <i>longline</i>	5
Comprimento das cordas de cultivo - CC (m)	100
Comprimento total das CC (m) = 5 x 6 x 7	4.136
Produtividade (kg/m)	7
Biomassa de colheita (kg/ha/ciclo)	28.950
Demanda por explantes (20%)	5.790
Produtividade de alga úmida (kg/ha/ciclo)	23.160
Ciclos de cultivo anual	5
Produtividade de alga úmida (kg/ano)	115.798
Lucro bruto anual (R\$3,00/kg)	347.394,54
Lucro bruto mensal	28.949,55

No entanto, dependendo da localidade, se a fazenda marinha está localizada em área mais protegida da dinâmica das marés e dos ventos, a distância entre os *longlines* poderá ser reduzida para 8m (Tabela 7), elevando a produção para 138.751kg de alga fresca por ano, ou para 6m (Tabela 8), elevando a produção para 173.053kg de alga fresca por ano.

Tabela 7. Indicadores de produtividade e lucro bruto da *Kappaphycus alvarezii*, cultivada sem *longline* duplo, com espaçamento entre balsas de 8m, para uma fazenda marinha de 1ha

Indicadores de produtividade da <i>K. alvarezii</i> (ha)	
Espaçamento de 8m entre <i>longline</i> duplo	
Um hectare (100m x 100m)	100,00
Largura do flutuador (m)	2,09
Espaçamento entre <i>longlines</i> (m)	8,00
Total 2 + 3 (m)	10,09
Nº de <i>longlines</i>	10
Nº de cordas de cultivo/ <i>longline</i>	5
Comprimento das cordas de cultivo - CC (m)	100
Comprimento total das CC (m) = 5 x 6 x 7	4.955
Produtividade (kg/m)	7
Biomassa de colheita (kg/ha/ciclo)	34.688
Demanda por explantes (20%)	6.938
Produtividade de alga úmida (kg/ha/ciclo)	27.750
Ciclos de cultivo anual	5
Produtividade de alga úmida (kg/ano)	138.751
Lucro bruto anual (R\$3,00/kg)	416.253,72
Lucro bruto mensal	34.687,81

A resistência destes flutuadores e a estabilidade que eles conferem à balsa de cultivo poderão viabilizar os cultivos de larga escala, e as cordas de cultivo de 4,5m (as mesmas usadas nas balsas de PVC) poderão ser utilizadas de forma contínua, com o mesmo comprimento de um *longline* padrão de 10m, na mecanização do plantio e na colheita de algas, diminuindo o custo com a mão de obra, que é um dos componentes do custo de produção que mais onera o produto comercializado.

O próximo passo é promover a integração do cultivo de algas com o de moluscos utilizando uma mesma estrutura. Para isso, é preciso reestabelecer qual o espaçamento ideal entre os flutuadores, capaz de suportar tal integração. O fato de este espaçamento

ideal entre os flutuadores não estar definido para sistemas integrados de produção, não configura um fator limitante para a promoção da integração, pois ele deverá ser identificado por meio de cálculos e testados com ensaios rápidos de flutuabilidade que apontarão o melhor espaçamento.

Tabela 8. Indicadores de produtividade e lucro bruto da *Kappaphycus alvarezii*, cultivadas em *long-line* duplo, com espaçamento entre balsas de 6m, para uma fazenda marinha de 1ha

Indicadores de produtividade da <i>K. alvarezii</i> (ha)	
Espaçamento de 6m entre <i>longline</i> duplo	
Um hectare (100m x 100m)	100,00
Largura do flutuador (m)	2,09
Espaçamento entre <i>longlines</i> (m)	6,00
Total 2 + 3 (m)	8,09
Nº de <i>longlines</i>	12
Nº de cordas de cultivo/ <i>longline</i>	5
Comprimento das cordas de cultivo - CC (m)	100
Comprimento total das CC (m) = 5 x 6 x 7	6.180
Produtividade (kg/m)	7
Biomassa de colheita (kg/ha/ciclo)	43.263
Demanda por explantes (20%)	8.653
Produtividade de alga úmida (kg/ha/ciclo)	34.611
Ciclos de cultivo anual	5
Produtividade de alga úmida (kg/ano)	173.053
Lucro bruto anual (R\$3,00/kg)	519.159,46
Lucro bruto mensal	43.263,29

O espaçamento entre os flutuadores foi determinado em função dos pesos das estruturas e das forças que atuam sobre o *longline*. Desta forma, quanto maior o peso exercido sobre o *longline*, menor deverá ser o espaçamento entre flutuadores. Poderemos ter três variações de cultivos integrados, com três espaçamentos diferentes, como segue:

- Alga + Ostra.
- Alga + Mexilhão.
- Alga.

Para realizar os cálculos com rigor científico, seria necessário identificar as densidades de todos os componentes que compõem as balsas de cultivo. Como estes

valores não estão disponíveis na literatura, se tornaram metas de um projeto de pesquisa que está em andamento. Enquanto isso, será necessário assumir que o peso de qualquer corpo dentro da água é de, aproximadamente, 1/5 de seu peso fora da água (Ferreira, 1996).

5.2.1 Sistema de bicultivo com *longline* duplo (Alga + Ostra)

Para este sistema, os pesos que atuam sobre a estrutura de cultivo são:

- a) lanterna de ostra;
- b) peso das ostras;
- c) peso dos cabos de *longline*;
- d) peso dos flutuadores;
- e) peso da rede de proteção;
- f) peso das poitas de sustentação da rede de proteção.

Considerações para o cálculo dos pesos:

Lanternas + Ostras

O peso de 1 lanterna de ostra com 35 dúzias, em fase de comercialização, é calculada pela seguinte fórmula:

$$PLO = PL + PO$$

Onde:

PLO = peso de uma lanterna + ostras;

PL = peso da lanterna;

PO = peso médio das ostras.

Para o cálculo do peso da lanterna, foi considerada a média de pesos das lanternas, excluindo o peso das ostras, obtidos por meio de pesagens durante o ciclo de cultivo, conforme foi ocorrendo a deposição de organismos incrustantes (Figura 17):

$$PL = (10,05 + 17,36 + 23,08 + 23,75) / 4$$

$$PL = 18,56\text{kg}$$

$$PL = 18,56\text{kg}$$

Para o cálculo do peso das ostras, foi considerado o peso de ostras de tamanho médio, em torno de 7cm de comprimento, e temos:

PO = 80g/und. (tamanho = 7cm), considerando 5dz/andar e 5 andares teremos:

PO = 80g x 5dz x 12 ostras x 5 andares

PO = 24.000g ou 24kg

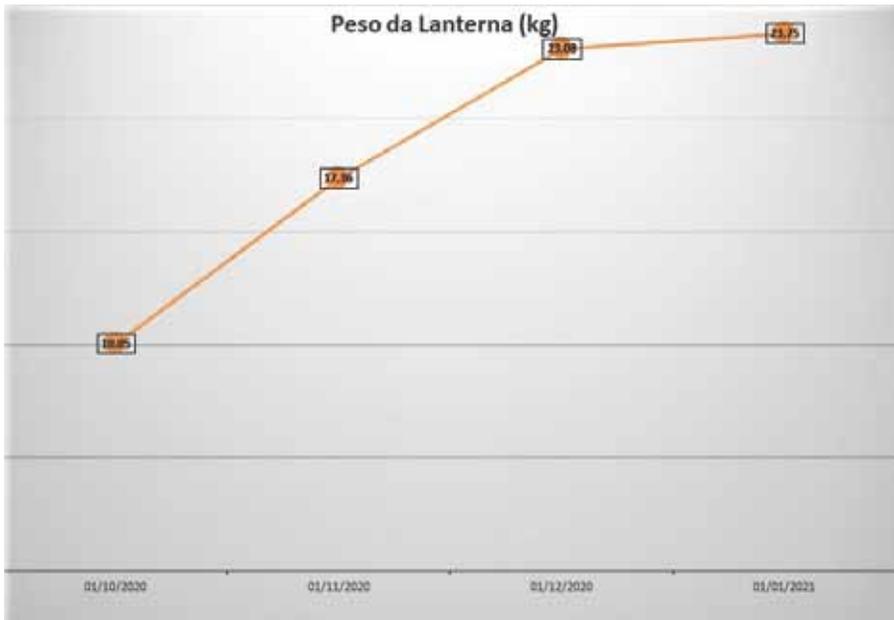


Figura 17. Peso médio de uma lanterna, extraídas todas as ostras cultivadas, durante a fase de comercialização

Fonte: Nelson Silveira Junior – Fazenda Marinha Atlântico Sul – Florianópolis, SC

$$PLO = PL + PO$$

$$PLO = 18,56\text{kg} + 24\text{kg} = 42,56 \text{ ou } 43\text{kg}$$

$$PLO = 43\text{kg}$$

Considerando que o peso de qualquer corpo na água é de aproximadamente 1/5 de seu peso fora d'água, obtemos o peso submerso de uma lanterna com ostras (PLOs):

$$PLOs = 43\text{kg} / 5$$

$$PLOs = 8,6 \text{ kg}$$

A capacidade de um *longline* duplo de 100m, com espaçamento de 1m entre as amarrações das lanternas nos cabos de *longline*, é de 200 lanternas, então:

Peso submerso total das lanternas com ostras (PTs) = 8,6kg x 200 lanternas = 1.720kg.

$$PT_s = 1.720\text{kg}$$

Cabos do *longline* (CLL)

Existem diversos tipos de cabos confeccionados com materiais e sistemas de trança diferentes. O produtor deve avaliar o melhor custo-benefício na hora da compra, evitando materiais de baixa qualidade e consequentemente de menor durabilidade. Os *longlines* duplos com comprimento de 100m são formados pelos cabos principais (CP) + cabos de fundeio (CF), que neste caso serão independentes, ou seja, cada cabo principal terá seu cabo de fundeio correspondente, sendo um cabo único, sem amarrações intermediárias, conectado à estaca. Os cabos de polietileno de 22mm de diâmetro são muito utilizados entre os produtores e, portanto, serão os considerados para efeito de cálculo. Para o cálculo dos cabos de fundeio com as tesouras, se deve conhecer a profundidade do ambiente. Os cabos devem ter um comprimento de 3 a 4 vezes a profundidade, dependendo da força das correntes marinhas. Para exemplificar, será considerada a profundidade média de 2,5m, encontrada nos Parques Aquícolas de Santa Catarina e correntes menores do que 2,5 nós. A proporção de 3m de cabo para cada 1m de profundidade será aplicada, como segue:

$$\text{Cabos do } \textit{longline} \text{ duplo} = \text{CP} + \text{CF}$$

Onde:

CP = cabos principais;

CF = cabos de fundeio.

CP = 100m x 2 cabos = 200m (formado por 100m de *long-line*; como é *long-line* duplo, teremos 200m)

CF = 2,5m x 3m = 7,5m para cada extremidade do *longline* duplo; considerando as 4 extremidades x 7,5m, temos 30m de cabos que, somados a 2m para cada extremidade destinada às amarrações, totalizam 38m de cabos de fundeio.

$$\text{Cabos do } \textit{longline} = \text{CP} + \text{CF} = 200\text{m} + 38\text{m}$$

$$\text{Cabos do } \textit{longline} \text{ duplo} = 238\text{m}$$

Considerando que o cabo de polietileno de 22mm de diâmetro tem um peso equivalente a 4m/kg, o peso dos cabos (PC) é:

$$\text{PMC} = 238\text{m} / 4\text{m/kg}$$

$$\text{PC} = 59,5\text{kg}$$

Considerando que o peso de qualquer corpo na água é de aproximadamente 1/5 de seu peso fora d'água, obtemos peso médio dos cabos submersos (PMC_s):

$$PMC_s = 59,5 / 5 = 11,9\text{kg}$$

$$PC_s = 11,9\text{kg}$$

Flutuadores (F)

De maneira geral, um flutuador tem que receber um peso maior que sua capacidade de flutuação para submergir. O flutuador desenvolvido para o cultivo de algas apresenta um volume de 90L ou de $0,09\text{m}^3$ e para submergir ele desloca igual quantidade de água. A densidade da água do mar é igual $1026\text{kg}/\text{m}^3$, portanto para calcular o peso para submergir o flutuador (PS_f) temos:

$$PS_f = V_{\text{flutuador}} \times \text{densidade água do mar}$$

$$PS_f = 0,09\text{m}^3 \times 1026\text{kg}/\text{m}^3$$

$$PS_f = 92,34\text{kg}$$

Desta forma, considerando que a capacidade útil de flutuação (CU_f) de uma boia corresponde a 70% de seu peso de submersão (PS_f), temos:

$$CU_f = PS_f \times 0,7$$

$$CU_f = 92,34 \times 0,7$$

$$CU_f = 64,64\text{kg}$$

Algas

Como visto anteriormente, o plantio de algas em redes tubulares é realizado com uma densidade de $1\text{kg}/\text{m}$ linear, e quando atinge $7\text{kg}/\text{m}$ linear é realizada a colheita. Em um *longline* de 100m temos 5 cordas de cultivo de 100m, totalizando 500m de corda de cultivo e 3.500kg de peso da alga fresca (PA_f).

$$PA_f = 3.500\text{kg}$$

Considerando que o peso de qualquer corpo na água é de aproximadamente 1/5 de seu peso fora d'água, obtemos o peso das algas submersas (PA_s):

$$PA_s = 3.500 / 5 = 700\text{kg}$$

$$PA_s = 700\text{kg}$$

Rede de proteção

Existe uma diversidade de redes e de materiais usados em sua confecção, mas para calcular o peso da rede de proteção (PRP) será utilizada a rede em *nylon* multifilamento sem nós (malha 20mm e fio 210/24), com 30m de malha esticada, pesando 7,2kg. Para um *longline* de 100m de comprimento, segue o cálculo:

30m malha esticada ----- 7,2kg
100m malha esticada ----- PRP

$$\text{PRP} = (100 \times 7,2) / 30$$
$$\text{PRP} = 24\text{kg fora da água}$$

Considerando que o peso de qualquer corpo na água é de aproximadamente 1/5 de seu peso fora d'água, obtemos o peso médio das redes de proteção submersas (PRP_s).

$$\text{PRP}_s = 24\text{kg} / 5$$

$\text{PRP}_s = 4,8\text{kg dentro d'água}$

Poitas de sustentação da rede de proteção

Para calcular o peso das poitas de sustentação (PPS) da rede é preciso dimensionar o número de poitas e seu peso individual. As poitas são instaladas nas laterais do fundo da rede para mantê-la esticada e submersa. É necessário utilizar poitas de 4,5kg, instaladas nas laterais do fundo da rede, a cada 4m, como segue:

$$\text{PPS} = (\text{comprimento do } \textit{longline} / 4\text{m}) \times 2 \text{ cabos de } \textit{longline} \times \text{peso da poita}$$
$$\text{PPS} = ((100\text{m} / 4\text{m}) \times 2) \times 4,5\text{kg}$$
$$\text{PPS} = 225\text{kg}$$

Considerando que o peso de qualquer corpo na água é de aproximadamente 1/5 de seu peso fora d'água, obtemos o peso médio das poitas de sustentação submersas (PPS_s).

$$\text{PPS}_s = 225\text{kg} / 5$$

$\text{PPS}_s = 45\text{kg}$

Cálculo do número de flutuadores (F)

O cálculo do número de flutuadores para o sistema de bicultivo com *long-line* duplo (Alga + Ostra) poderá ser realizado por meio da seguinte fórmula:

$$NF = (PT_s + PC_s + PA_s + PRP_s + PPS_s) / CU_f$$

$$NF = (1720\text{kg} + 11,9\text{kg} + 700\text{kg} + 4,8 + 45) / 64,47\text{kg}$$

$$F = 38,49 \cong 39 \text{ flutuadores}$$

Para o sistema integrado de cultivo entre “Alga + Ostra”, o espaçamento entre os flutuadores (EF) identificado é de 2,6m, estabelecido como segue:

$$EF = \text{Comprimento do } longline / NF$$

$$EF = 100\text{m} / 39$$

$$EF = 2,56\text{m} \cong 2,6\text{m}$$

5.2.2 Sistema de bicultivo com *longline* duplo (Alga + Mexilhão)

Para este sistema, os pesos que atuam sobre a estrutura de cultivo são:

- a) peso da penca de mexilhão;
- b) peso das algas;
- c) peso dos cabos de *longline*;
- d) peso dos flutuadores;
- e) peso da rede de proteção;
- f) peso das poitas de sustentação da rede de proteção.

Considerações para o cálculo dos pesos:

Pencas de Mexilhão

O peso da penca de mexilhão (PM), com 1,5m de comprimento, considerando um peso médio de 15,7kg/m, é de 23,55kg por penca de mexilhão de 1,5m.

Considerando que o espaçamento utilizado entre as pencas de mexilhões é de 0,5m e que um *longline* duplo de 100m comporta 400 cordas de mexilhões em seus 2 cabos, é possível calcular o peso total das pencas de mexilhões submersas (PTM), como segue:

$$PTM_s = NP \times PM / 5$$

Onde:

PTM = peso total de pencas de mexilhão;

NP = número de pencas de mexilhão no *longline* duplo;

PM = peso da penca de mexilhão.

$$PTM = (400 \times 23,55\text{kg})$$

$$PTM = 9.420\text{kg}$$

Considerando que o peso de qualquer corpo na água é de aproximadamente 1/5 de seu peso fora d'água, obtemos o peso total das penças de mexilhões submersas (PTMs):

$$PTM_s = 9.420\text{kg} / 5$$

$$PTM_s = 1.884\text{kg}$$

Cálculo do número de flutuadores para o sistema de bicultivo (F)

O cálculo do número de flutuadores para o sistema de bicultivo com *longline* duplo (Alga + Ostra) poderá ser realizado por meio da seguinte fórmula:

$$NF = (PTM_s + PMC_s + PA_s + PRP_s + PPS_s) / CU_f$$
$$NF = (1.884\text{kg} + 11,9\text{kg} + 700\text{kg} + 4,8 + 45) / 64,47\text{kg}$$

$$NF = 41,03 \cong 41 \text{ flutuadores}$$

Para o sistema integrado de cultivo entre “Alga + Mexilhão”, o espaçamento entre os flutuadores (EF) identificado é de 2,4m, estabelecido como segue:

$$EF = \text{Comprimento do } longline / NF$$
$$EF = 100\text{m} / 41$$

$$EF = 2,43\text{m} \cong 2,4\text{m}$$

5.2.3 Sistema de monocultivo com *longline* duplo (Alga)

O sistema FCE foi desenvolvido e pensado para promover a integração entre o cultivo de algas e moluscos, no entanto o produtor poderá optar por produzir apenas algas utilizando este sistema. Nesse caso, as produções de biomassa de algas seriam as mesmas apresentadas anteriormente por ocasião das produções integradas, salvo que os espaçamentos poderiam ser reduzidos mais ainda, aumentando, conseqüentemente, a produção.

Para este sistema de monocultivo de algas, os pesos que atuam sobre a estrutura de cultivo são:

- a) peso das algas;
- b) peso dos cabos de *longline*;
- c) peso dos flutuadores;
- d) peso da rede de proteção.

Considerações para o cálculo dos pesos:

Cálculo do número de flutuadores para o sistema de monocultivo (F)

O cálculo do número de flutuadores para o sistema de monocultivo poderá ser realizado por meio da seguinte fórmula:

$$NF = (PMC_s + PA_s + PRP_s + PPS_s) / CU_f$$
$$NF = (59,5\text{kg} + 700\text{kg} + 4,8 + 45) / 64,47\text{kg}$$

NF = 12,55 flutuadores

Para o sistema de monocultivo de alga, o espaçamento entre os flutuadores (EF) identificado é de 12,55m, estabelecido como segue:

$$EF = \text{Comprimento do } \textit{longline} / NF$$
$$EF = 100\text{m} / 12,55$$

EF = 7,96 m \cong 8 m

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Imbuídos por identificar novas espécies potenciais para exploração aquícola, a Epagri e a UFSC selecionaram a macroalga *Kappaphycus alvarezii* em 2006 estimuladas pelo crescente comércio da carragenana e pela demanda mundial pelo produto. Desde então, ao longo dos últimos 11 anos de estudos e de comprovação de sua viabilidade técnica e ambiental de cultivo, novas demandas têm aparecido. A partir de 2019, a *K. alvarezii* vem sendo procurada para alimentar a indústria de biofertilizante, remunerando melhor o produtor do que a indústria da carragenana. A indústria de biofertilizante é promissora no Brasil. A demanda pela *K. alvarezii* para compor produtos agropecuários que promovem o crescimento das plantas, aumentam a resistência a doenças e pragas e protegem contra a seca, dentre outras funções, é imensa. Para se ter uma idéia, estes produtos chegaram às grandes *commodities*, como soja, trigo e cana-de-açúcar, e, portanto, a expectativa de crescimento vem aquecendo as empresas de fertilizantes e a demanda pela alga.

Recentemente foi estabelecido um acordo de cooperação técnica entre Epagri, Senac e UFSC para o desenvolvimento de pratos e cosméticos à base de *K. alvarezii*. A diversificação de produtos a partir da transformação da *K. alvarezii* vem sendo perseguida para ampliar o comércio. Os pratos desenvolvidos serão ofertados ao setor gastronômico e poderão compor os cardápios dos diversos restaurantes do Estado que comercializam frutos do mar, criando uma demanda alimentar pelas algas. Da mesma forma, o desenvolvimento de cremes, sabonetes, *shampoos* etc. poderá estimular a criação e o crescimento de nichos mercadológicos de cosméticos ainda subexplorados. Estas ações visam ampliar e acelerar a demanda pela macroalga *K. alvarezii*, estimulando o comércio da alga, de modo que o produtor não dependa de apenas um segmento comercial, mas de diversos potenciais compradores.

Os maricultores catarinenses estão diante de um produto que oferece uma excelente oportunidade de renda, mas é muito importante compreenderem todos os desafios e obstáculos que deverão enfrentar, aprenderem a tecnologia de cultivo e as recomendações técnicas para minimizar os riscos inerentes à atividade. O cultivo integrado de algas e moluscos é uma proposta inicial que está sendo levada ao produtor para que ele não tenha que decidir por qual espécie cultivar sem antes conhecer bem a atividade. Com a inclusão das algas em seus sistemas de cultivo de moluscos, o produtor, aos poucos, poderá avaliar o que é mais vantajoso para si: os cultivos integrados entre algas e moluscos ou o monocultivo de algas.

REFERÊNCIAS

ARECES, A. J. Cultivo comercial de carragenofitas del género *Kappaphycus* Doty. In: Alveal, K.; Ferrario, E.; Oliveira, E.C.; Sar, E. (Eds.). **Manual de métodos ficológicos**. Universidad de Concepción, Concepción, 1995. p.529-550.

ASK, E.I.; AZANZA, V. Advances in cultivation technology of commercial eucheumatoid species: a review with suggestions for future research. **Aquaculture**, 2002, v.206, p.257-277.

BIXLER, H.J.; PORSE, H. A decade of change in the seaweed hydrocolloids industry. **Journal of Applied Phycology**. 23, p. 321-335, 2011.

BUSCHMANN, A.H.; CAMUS, C.; INFANTE, J.; NEORI, A.; ISRAEL, A.; HERNÁNDEZ-GONZALES, M.C.; PERDE, S.V.; GOMEZ-PINCHETTI, J.L.; GOLBERG, A.; TADMOR-SHALEV, N.; CRTCHLEY, A.T. Seaweed production: overview of the global state of exploitation, farming and emerging research activity. **Journal of Applied Phycology**. 52, p.391-406, 2017.

CASTELAR, B.; REIS, R.P.; BASTOS, M. Contribuição ao Protocolo de Monitoramento ambiental da Maricultura de *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty ex P.C. Silva (Areschougiaceae–Rhodophyta) na Baía de Sepetiba, RJ, Brasil. **Acta Bot Brasilica** 23:613-617, 2009a.

CASTELAR, B.; REIS, R.P.; MOURA, A.L.; KIRK, R. Invasive potential of *Kappaphycus alvarezii* off the south coast of Rio de Janeiro state, Brazil: a contribution to environmentally secure cultivation in the tropics. **Bot Mar** 52:283-289, 2009b.

DOTY, M.S. The production and use of *Eucheuma*. In: Doty, M.S.; Caddy, J.F.; Santelices, B. (Eds.). Case studies of seven commercial seaweed resources. **FAO Fisheries Technical Paper**, v.281, p.123-161, 1987.

FERREIRA, J.F.; PEREIRA, A.; TEIXEIRA, A.L.; BLACHER, C.; BROGNOLI, F.F.; NETO, F.M.O.; RUPP, G.S.; GUZENKI, J.; CANOZZI, M.B.; JUNIOR, N.S. **Cultivo de ostras. Laboratório de Cultivo de Moluscos Marinhos**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 70p, 1996.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **The state of de world fisheries and aquaculture**, Rome. 227p, 2018a. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/i9540en/i9540en.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2020.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **The global status of seaweed production, trade and utilization**, Rome. 125p, 2018b. Disponível em: https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/163078059/FAO_report_Global_seaweed_2018.pdf. Acesso em: 14 abr. 2020.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Social and economic dimensions of carrageenan seaweed farming**. Rome. p.217, 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i3300e/i3300e.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2020.

GUIRY, M.D.; GUIRY, G.M. 2021. **AlgaeBase**. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Disponível em: https://www.algaebase.org/search/species/detail/?species_id=71703. Acesso em 25 de abr. 2022.

HAYASHI, L.; SANTOS, A.A. Sugestão de critérios para o monitoramento ambiental de macroalgas. In: SAMPAIO, F.G.; SILVA, C.M.; TORIGOI, R.H.; MIGNANI, L.; PACKER, A.N.C.; MANZATTO, C.V.; SILVA, J.L. **Estratégias de monitoramento ambiental da aquicultura**. São Paulo. 85-86, 54p, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS RENOVÁVEIS (IBAMA). Instrução Normativa Nº 145, de 29 de outubro de 1998. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/1998/p_ibama_145_n_1998_introducaoespeciesnaaquicultura_revoga_p_ibama_119_1997_alterada_p_ibama_105_n_1999_27_2003_04_2005.pdf. Acesso em 22 de abr. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS RENOVÁVEIS (IBAMA). Instrução Normativa Nº 89, de 02 de fevereiro de 2006. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=112336#:~:text=Ement a%3A,algas%20marinhas%20do%20litoral%20brasileiro..> Acesso em 22 abr. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS S NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). Instrução Normativa Nº 1, de 21 de janeiro de 2020. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=138683>. Acesso em 19 abr. 2022

LEE, R. E. **Phycology**, 2nd Edition, Cambridge University Press, New York. 1989, 645p. McHUGH, D.J. **A guide to the seaweed industry**. FAO Fisheries Technical Paper. 2003, 105p.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO (MDIC). Secretaria de Comércio Exterior. Disponível em: http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br/consulta_nova/resultadoConsulta.asp. Acesso em: 5 jun. 2019.

NEISH, I.C. **The Eucheuma seaplant handbook**, Volume 1: Agronomics, biology and crop systems. Seaplant.net Foundation. Makassar. Technical Monograph Nº 0505 – 10A, 2005.

NEISH, I.C.; SEPULVEDA, M.; HURTADO, A.Q.; CRITCHLEY, A.T. Reflections on the commercial development of Eucheumatoid seaweed farming. In: HURTADO, A.Q.; CRITCHLEY, A.T.; NEISH, I.C. **Tropical seaweed farming trends, problems and opportunities**. Springer. Switzerland. 1-27, 216, 2017.

OLIVEIRA, E. C.; SILVA, B.N.T.; AMANCIO, C.E. Fitobentos (Macroalgas). In: LOPES, R. M. **Informe sobre as espécies invasoras marinhas do Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 107-139, 440p. 2009.

PAULA, E.J.; PEREIRA, R.T.L.; OHNO, M. Growth rate of the carragenophyta *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta Gigartinales) introduced in subtropical waters of São Paulo State, Brazil. **Journal of Applied Phycology**. 50, 1-9, 2002.

PAULA, E.J., PEREIRA, R.T.L., OSTINI, S. Introdução de espécies exóticas de *Eucheuma* e *Kappaphycus* (Gigartinales, Rhodophyta) para fins de maricultura no litoral brasileiro: abordagem teórica e experimental. In: Paula, E. J.; Cordeiro-Marinho, M.; Santos, D. P., FUJII, M.; PLASTINO, E. M.; YOKOYA, N. (Eds.). **Anais do IV Congresso Latino-Americano de Ficologia**, II Reunião IberoAmericana de Ficologia e VII Reunião Brasileira de Ficologia. Caxambú, MG. 1998, p.340-357.

REIS, R.P.; CASTELAR, B.; SANTOS, A.A. Why is algaculture still incipient in Brazil? **Journal of Applied Phycology**, 29, 2, 673-682, 2017.

SEPÚLVEDA, M. **Comunicação Pessoal**: 04 ago 2021.

SILVA, B.N.T.; AMANCIO, C.E.; OLIVEIRA FILHO, E.C. Exotic marine macroalgae on the Brazilian coast: a revision. **Oecologia Australis**. 14, 403-414, 2010.

YONG, Y.S; YONG, W.T.L.; ANTON, A. Analysis of formulae for determination of seaweed growth rate. **Journal of Applied Phycology**, 25, 6, 1831-1834, 2013.





www.epagri.sc.gov.br



www.youtube.com/epagritv



www.facebook.com/epagri



www.twitter.com/epagrioficial



www.instagram.com/epagri



<http://publicacoes.epagri.sc.gov.br>



linkedin.com/company/epagri