

IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E CULTIVO DE ALGAS MARINHAS

X SIMPÓSIO DE BIOLOGIA MARINHA DA UNISANTA

02 – 06 DE JULHO DE 2007

Prof. André Luís Faccini



IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DAS ALGAS

I- ALIMENTAÇÃO:

As algas vêm sendo utilizadas como alimento no Japão e na China há milhares de anos. Há referências históricas do uso de algas na China do ano de 2000 aC. Cerca de 21 espécies são utilizadas diariamente na culinária japonesa.

As algas mais importantes neste sentido são o **nori** (*Porphyra* spp.), o **kombu** (*Laminaria* spp.) e o **wakame** (*Undaria* sp.). O uso do “kelp” *Laminaria* na China, onde é chamado de haidai, data do século V. A principal espécie utilizada é a *Laminaria japonica*, mas 8 a 11 espécies diferentes são aproveitadas, principalmente no Japão. Um outro kelp, a *Undaria pinnatifida* (wakame), é largamente utilizada como alimento na Coreia, Japão e na China, neste último conhecida como qundai-cai.. Já o nori (*Porphyra*) é utilizado desde o século XVII, época em que se iniciaram os cultivos quase que ao mesmo tempo no Japão, Coreia e China. A descoberta da chamada fase *conchocelis* desta alga, em 1949, abriu caminho para um cultivo intensivo.

As algas são comidas visando seu valor nutricional, sabor, cor e textura sendo combinadas com vários outros tipos de alimentos.

As análises de certas algas comestíveis mostraram que muitas contêm significantes quantidades de proteínas, vitaminas e minerais que são essenciais para a nutrição humana.

Composição química aproximada das algas marinhas

Componente	Algas pardas (%)	Algas vermelhas (%)	Algas verdes (%)
Água ¹⁾	75 – 90	70 – 80	70 - 85
Minerais ²⁾	30 – 50	25 – 35	10 – 25
Carboidratos	30 – 50 ³⁾	30 – 60 ⁴⁾	25 – 50 ⁵⁾
Proteínas	7 – 15	7 – 15	10 – 15
Lipídeos	2 – 5	1 – 5	1 – 5
Celulose	2 - 10	2 -10	20 – 40

1) do peso fresco; 2) do peso seco; 3) principalmente alginato e fucose;

4) poligalactanas sulfatadas e xilanas; 5) celulose e amido principalmente; Jensen (1993)

Elementos importantes como complementos alimentares

Vitaminas	C; A; D; E B (B1, B12, rivoflavinas, niacinas, ácido fólico)
Sais Minerais	Cl, Na, K, P, Mg, Ca, Fe, Mn, I, Zn, Mo, Co

1- *Porphyra*

Conhecida como NORI (Japão), ZICAI (China), PURPLE LAVER (Grã-Bretanha).

Uma das algas mais comidas no sudeste asiático. Tem alto conteúdo de proteínas digestíveis (20-25% do peso úmido), aminoácidos livres, vitaminas C, B e E além de ser excelente fonte de iodo e outros elementos traço.

A *Porphyra* é uma alga distribuída principalmente em regiões temperadas, mas também pode ser encontrada em muitas regiões subtropicais e subárticas.



Nori é consumida em forma de aperitivos ou enrolada em um bolinho de arroz com carne ou peixe, alimento este conhecido como “sushi”.

Tem sido registrado em testes laboratoriais que a incidência de câncer em camundongos tem diminuído com o consumo de nori bem como úlceras estomacais. Na área da biologia molecular seus pigmentos extraídos têm sido utilizados em técnicas de imunofluorescência.

Dados de 1999 informam que a produção de *Porphyra* (nori) no Japão, Coréia e China juntos atingiu 1 milhão de toneladas de algas frescas gerando um capital de 1.200 dólares por tonelada.

2- *Laminaria*

Conhecida como KOMBU (Japão), HAIDAI (China) ou KELP (nome usado para se referir a várias espécies de algas paradas de grande porte).

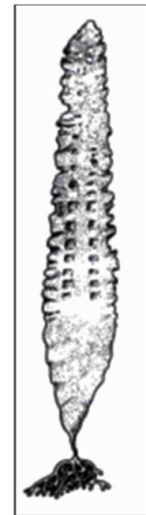
Laminaria é uma alga natural de águas frias (8-16 °C) crescendo nas costas de vários países (América do Norte, África, Europa e Ásia). Na costa brasileira, mais especificamente no estado do Rio de Janeiro, existe um banco com duas espécies de *Laminaria* (*L. abyssalis* e *L. brasiliensis*) a uma profundidade que varia de 40 a 120 metros.

Embora não seja uma alga natural da China, é conhecida e consumida naquele país a mais de 1000 anos. Foi introduzida no norte do mar de Huanghai em 1927.

A alga *Laminaria*, por exemplo, foi muito utilizada como curativa do bócio devido ao alto teor de iodo que ela contém.

O produto industrializado é constituído por pedaços de algas secas ou em conservas e sua utilização é variável: em sopas, saladas, chás, misturado a outros alimentos ou utilizado em produtos secundários como temperos. Pedaços secos desta alga também podem ser moídos formando um pó fino, cinza-esverdeado e comprimido em pequenos torrões os quais são muitas vezes revestidos com açúcar.

Hoje, na China que é o maior produtor desta alga, a produção tem atingido cerca de 4 milhões de toneladas de algas frescas (2.800 dólares a tonelada de biomassa seca).



3- *Undaria pinnatifida*

Conhecida como WAKAME (Japão) e QUNDAI-CAI (China).

Alga encontrada em águas de temperatura um pouco mais mornas, crescendo sobre rochas e recifes a 1-8 metros abaixo do nível de marés baixas. Plantas que podem atingir de 1 a 2 metros de comprimento.

Comumente podem ser encontradas em águas temperadas no Japão, Coréia e China. Desde 1971, *Undaria* tem sido encontrada crescendo nas costas da França e Nova Zelândia.

Undaria é consumida como “chips” e em alimentos instantâneos como sopas e macarrão.

Os japoneses foram os pioneiros na produção desta alga tanto que, neste país, *Undaria* é mais importante em valor de produção do que a *Laminaria japonica*.

A Coréia é o maior produtor desta alga sendo que sua produção somada às do Japão e China atinge ao redor de 400 mil toneladas de algas frescas (6.900 dólares a tonelada de biomassa seca).

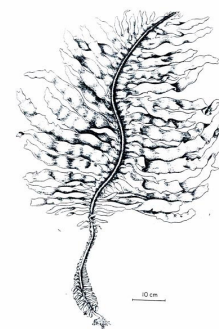


Fig. 28.8. Habitats of *Undaria pinnatifida* from Qinghai.

4- Outras algas

Outros gêneros, em menor importância, são consumidos como alimentos podendo citar a *Ulva*, *Monostroma*, *Enteromorpha* e *Caulerpa*.

Todas são algas verdes apreciadas como alimento na China, Japão e outros países orientais.

No Japão, gêneros como *Ulva* e *Enteromorpha* crescem naturalmente nas redes de cultivo de *Porphyra*, depois da colheita destas últimas, sendo mais tarde colhidas e usadas para a confecção do apreciado “hoshi-nori”. A produção anual destas algas atinge quantidades de 2 a 10% da produção de *Porphyra*.

Espécies de *Caulerpa*, principalmente *C. lentillifera* e *C. racemosa*, são também muito apreciadas chegando a atingir alguns cultivos em lagoas nas Filipinas, ao redor de 12-15 toneladas de algas frescas por hectare ao ano.

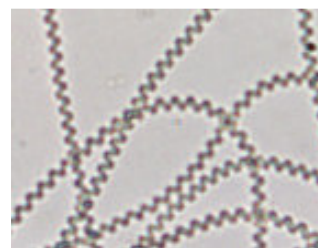
O gênero *Monostroma* é um importante componente do “tsukudani” – uma pasta verde feita através do cozimento da alga e misturada com molho de soja.

Estas algas são muitas vezes consumidas como temperos, associadas a bolachas ou outros alimentos.

5- *Spirulina* (Cyanophyta)

São microalgas que vem sendo estudadas há muito tempo. Hoje sua maior importância econômica está na confecção de suplementos nutricionais.

Estas algas têm de 50 a 70% do peso seco em proteínas o qual é significativamente maior do que outras plantas terrestres (2% em batatas; 6-10% em trigo); além disso, tem alta concentração de lipídeos (16,6%) e alta concentração de vitamina B12 e β carotenos, que é fonte de vitamina A.



Tem sido demonstrado que em testes de laboratório, diminuem os riscos de câncer. Um outro nutriente importante é o ácido gama-linolênico (GLA) que tem mostrado resultados interessantes no tratamento de artrites, doenças do coração, obesidade e deficiência de zinco. Uma deficiência desse ácido tem sido associada com alcoolismo, alguns sintomas de envelhecimento e esquizofrenia. Há indícios de que pigmentos desta alga (ficocianina) estimulem o sistema imunológico dando maior proteção contra infecções e doenças.

II- FICOCOLÓIDES:

Substâncias mucilaginosas extraídas de algas, compostas por polissacarídeos coloidais que, quando em meio aquoso, formam substâncias viscosas, incluindo géis, que podem se solidificar, com o decréscimo da temperatura.

São classificados em: **alginatos**, **ágar** e **carragenanas**. Hoje a produção de ficocolóides gira em torno de 55 mil toneladas extraídas de cerca de 1 milhão de toneladas de algas frescas e gerando um capital de 585 milhões de dólares.

O uso destas substâncias nos mais variados tipos de indústrias vem crescendo à medida que novas e diferentes propriedades destes ficocolóides são desenvolvidas. Assim, são utilizados na indústria de alimentos, farmacêutica, cosmética, papel, têxtil, petrolífera e na biotecnologia.

Os registros históricos apontam que o ágar é o ficocolóide de utilização mais antiga. Foi descoberto em 1658 e vendido para fábricas na forma de extratos quentes ou na forma de gel (frio). Já a carragenana começou a ser utilizada na indústria na metade do século XIX como agente em cervejarias. O alginato foi descoberto em 1881 e começou a ser industrializado no século XX.

Os ficocolóides são muito comuns em alimentos modernos, não pelo seu valor nutricional, mas como aditivo alimentar conferindo uma propriedade específica ao produto

como aumento da viscosidade, força de gel e estabilidade a misturas aquosas, soluções e emulsões.

Os ficolóides são todos aceitos como aditivos para gêneros alimentícios sendo que algumas propriedades específicas e a não toxicidade do produto dá a essas substâncias vantagens sobre outras gomas industriais.

Propriedades conferidas pelos ficolóides:

a) Viscosidade – em sistemas aquosos esta propriedade está relacionada com a habilidade de ligar moléculas de água determinando o espessamento do produto.

b) Estabilizante – esta propriedade está intimamente relacionada com a viscosidade. Muitos produtos não são homogêneos, portanto, os ficolóides atuam como estabilizantes em sistemas complexos para guardar partículas ou pequenas gotinhas distribuídas na água, principalmente aumentando a viscosidade da fase da água. Isto previne a precipitação de substâncias.

c) Gelificação – capacidade de, através do abaixamento da temperatura ou adição de cátions como Ca^+ ou K^+ , formar gel.

Algumas propriedades promovidas pelos ficolóides e suas aplicações:

Função	Exemplo de aplicação
Adesividade	Glacês, coberturas, merengues
Liga	Alimentos para animais
Encorpamento	Bebidas dietéticas
Inibição de cristais	Sorvetes, xaropes e alimentos congelados
Opacidade	Bebidas de frutas em geral
Revestimento	Confeitos, anéis de cebola
Fibra dietética	Cereais, pães
Emulsificação	Molhos de salada
Encapsulamento	Aromas em pó
Formação de filme	Tripas de salsicha, coberturas protetoras
Floculação	Vinhos
Estabilização de espumas	Crems batidos e cervejas
Gelificação	Pudins, sobremesas e confeitos
Moldagem	Gomas, doces, geléias
Proteção coloidal	Emulsões de aroma
Estabilização	Molhos de salada e sorvetes
Suspensão	Achocolatados
Aumento de volume	Derivados de carne
Inibição de sinérese	Queijos, alimentos congelados
Espessante	Geléia de frutas, recheios de tortas, molhos
Agente de batimento	Coberturas, “marshmallows”
Clarificação	Cervejas e vinhos

1- ALGINATOS

Estes ficolóides são característicos de algas pardas, particularmente extraídas das algas *Macrocystis* e *Laminaria*.

São polímeros de ácido L-gulurônico e D-manurônico, utilizados como agentes gelificantes, estabilizantes e emulsificantes. Impedem a formação de cristais macroscópicos de gelo, sendo importantes na indústria de sorvetes. Também vêm se mostrando superior a outros géis, quando utilizados na fabricação de tintas para tecidos e na fabricação de papéis. É também aplicado na indústria de cerveja, pois forma uma película resistente à formação de bolhas, o que permite a formação de espuma.

Outras aplicações: usado na confecção de comprimidos secos onde atua como agente de liga, também utilizado como cicatrizante de ferimentos onde proporciona qualidade hemostática (tratamento de queimaduras). Nos últimos anos, o aprisionamento de células dentro de esferas feitas de gelatinas (imobilizadores de sistemas), tem sido amplamente utilizado. A imobilização de células como bactérias, algas, fungos (leveduras), células de plantas e animais têm sido utilizadas como biocatalizadoras em alguns processos comerciais, desde a produção de etanol até na produção de anticorpos.

O mercado mundial (dados de 2001) consome ao redor de 30 mil toneladas ao ano extraídas de 126.500 toneladas de algas secas gerando um capital em torno de 213 milhões de dólares.

2- ÁGAR (Ágar-Ágar)

Termo que se refere a uma família de polissacarídeos presentes em algas vermelhas (*Gelidium*, *Pterocladia* e *Gracilaria*), com estrutura de D e L-galactose. A maioria possui baixo teor de sulfato na molécula, o que significa uma alta força de gel.

Características como formação de gel em baixas concentrações, baixa reatividade com outras moléculas e resistência a degradação por microorganismos, permitem sua utilização na preparação de meios de cultura, constituindo-se na matéria prima básica na biologia molecular.

É considerado o ficocolóide mais valioso; segundo dados de 2001, o mercado de ágar alcançou 7.630 toneladas extraídas de 55.650 toneladas de algas secas gerando um capital de 132 milhões de dólares.

A partir de frações menos iônicas do ágar obtém-se a **agarose**, um produto amplamente utilizado em biotecnologia. Aproximadamente 50 milhões de dólares de agarose são comercializados por ano, chegando alguns produtos a custar 25 mil dólares o quilograma.

O ágar tem sido utilizado também como agente gelificante para geléias de frutas e vegetais, em confeitarias, marshmallows e doces. Um grande mercado no ocidente é para alimentos em conserva especialmente para animais domésticos. Além destas aplicações também é utilizado em emulsões líquidas no tratamento de constipação e como agente gelificante em géis lubrificantes e pomadas. O ágar também vem sendo utilizado na imobilização de sistemas em biotecnologia.

3- CARRAGENANAS

Estão presentes na parede celular de algas vermelhas (*Chondrus*, *Kappaphycus*, *Eucheuma*, *Hypnea*).

São polímeros de D-galactose, caracterizados por apresentar grupos sulfatados. São divididos em 3 grupos comercializados, cada um com propriedades e aplicações diferentes: lambda (λ) carragenana, kappa (κ) carragenana e iota (ι) carragenana.

São utilizadas na indústria farmacêutica, cosmética, de tintas e, principalmente, na alimentícia, conferindo propriedades estabilizantes e gelificantes. Devido à sua particular reatividade com a proteína do leite (caseína), é utilizada em uma grande quantidade de produtos do nosso dia a dia. Na indústria de alimentos são utilizadas em sorvetes, queijos, pudins, flâns, iogurtes, gelatinas, produtos de padarias, alimentos dietéticos, temperos e molhos. Além disso, são utilizadas como encorpadores de xaropes, em pastas de dentes, preparações de drogas e loções. Na área da biotecnologia, em imobilização de sistemas, também são utilizadas.

Dados de 2001 apontam um consumo ao redor de 33 mil toneladas de carragenanas extraídas de 168.400 toneladas de algas secas gerando um capital de 300 milhões de dólares.

III- OUTROS USOS:

1- FICOBILIPROTEÍNAS

Pigmentos extraídos principalmente de algas vermelhas e que são utilizados como marcadores fluorescentes em áreas de alta tecnologia, como por exemplo, em histoquímica. A substância de maior importância é a r-ficoeritrina, extraída de espécies de *Porphyra*. Devido à necessidade de sofisticadas técnicas de extração, seu preço é elevado, atingindo cerca de 5.000 dólares.

2- BETA-CAROTENO

É um produto de alto poder antioxidante, que vem sendo utilizado como complemento alimentar. Encontrado em diferentes vegetais e algas, sendo que, entre estas últimas, o gênero *Dunaliella* é explorado comercialmente, numa movimentação anual de 100 milhões de dólares.

3- FERTILIZANTES

Algas podem ser utilizadas para melhorar a textura e retenção de umidade no solo além de ser fonte importante de nitrogênio, potássio e vários outros nutrientes minerais. Algas calcárias têm sido utilizadas como corretivo de solos ácidos em vários países como a Inglaterra, Escócia, Irlanda e Dinamarca.

A comercialização de fertilizantes a base de algas movimenta cerca de 15 milhões de dólares por ano.

No Brasil a exploração deste mercado ainda é pequena e artesanal. Em certos locais da costa brasileira existem grandes quantidades de algas calcárias, com elevado potencial de exploração que, no entanto, deve ser precedida de estudos de impacto ambiental.

4- RAÇÕES

Farelos de algas são utilizados na produção de rações para gado, carneiros, aves, cães, gatos, peixes e outros animais. Há diversas indústrias espalhadas pelo mundo investindo neste tipo de produtos e alcançando cerca de 10 mil toneladas de ração produzidas a partir de cerca de 50 mil toneladas de algas frescas gerando um mercado de 5 milhões de dólares.

No Brasil é um recurso pouco explorado e estudos de impacto se tornam necessários para viabilizar seu uso.

5- MEDICINA

Vários poderes curativos têm sido atribuídos às algas, entre eles contra tuberculose, artrite, gripes e até o câncer. O gênero *Chlorella*, por exemplo, é estudado desde a década de 30, sendo a ele atribuído propriedades contra o câncer, anemia, periodontites e infecções de vários tipos, além de possuir alta concentração de clorofila, que é bactericida. Espécies de *Sargassum* e *Laminaria* têm sido utilizadas no Japão para o tratamento do câncer.

Banhos com algas ou aplicações de algas na pele associado à radiação infravermelha tem sido utilizado no tratamento de dores reumáticas e osteoporose.

6- FARMACOLOGIA

Muitos rótulos de cremes e loções para a pele, xampus, etc, fazem referência ao uso de algas em suas fórmulas. Normalmente, isto significa que algum dos ficocolóides está presente, dando corpo ao produto, podendo aumentar a retenção de umidade na pele ou outra função. As aplicações de tais produtos variam desde promoção da hidratação de peles e cabelos até tratamento de celulites.

7- TRATAMENTO DE ÁGUA

Muitas algas têm sido utilizadas com sucesso no tratamento de águas contaminadas com esgotos domésticos e de efluentes de atividades de agricultura assim como de resíduos

industriais contaminados com metais pesados. Não há registros da utilização destes recursos em grande escala.

CULTIVO DE ALGAS DE IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

I- *PORPHYRA* (RODOPHYTA)

Historicamente foi a primeira alga marinha a ser cultivada iniciando-se na baía de Tóquio por volta de 1640 e há mais ou menos 200 anos atrás na China.

No início o método consistia apenas em colocar um feixe de gravetos espetados em águas rasas (no Japão) ou limpando as rochas em águas rasas, para retirar competidores, promovendo o estabelecimento de esporos (na China). O cultivo em redes iniciou-se em 1920 o que resultou em um aumento significativo na produtividade em relação aos métodos anteriores. Os métodos modernos de cultivo envolvendo coleções artificiais de esporos foram iniciados no começo dos anos 60 (século XX), com base nas pesquisas das décadas anteriores. Um grande passo neste sentido foi dado pela descoberta do ciclo de vida total desta alga, realizada por Drew em 1949, a qual descobriu que a fase esporofítica no ciclo de vida desta alga é microscópica se desenvolvendo em conchas de moluscos (fase conchocelis).

Na China e no Japão sete espécies de *Porphyra* são utilizadas em cultivos embora cerca de 70 espécies tenham sido identificadas através do mundo.

Técnicas de cultivo:

-Coleta de esporos a partir das lâminas no início da primavera (a fase gametofítica se desenvolve durante o inverno). A liberação de esporos pode ser induzida por secagem prévia da lâmina ou esmagamento.

-Semeadura dos esporos é realizada nos tanques de cultivo e estes germinarão na fase esporofítica. Nos tanques de cultivo são colocadas as conchas de moluscos aonde os esporos germinarão e crescerão durante todo o verão. As casas de cultivo são de vidro permitindo a elevação da temperatura e irradiância durante o verão. Ao longo do desenvolvimento desta fase, as condições ambientais (temperatura, luz, contaminantes, etc) são todas controladas.

-No início do outono inicia-se a semeadura das redes de cultivo que desenvolverão a fase gametofítica (lâmina de nori).

-As redes semeadas são levadas ao mar aonde as plantas se desenvolverão durante o inverno.

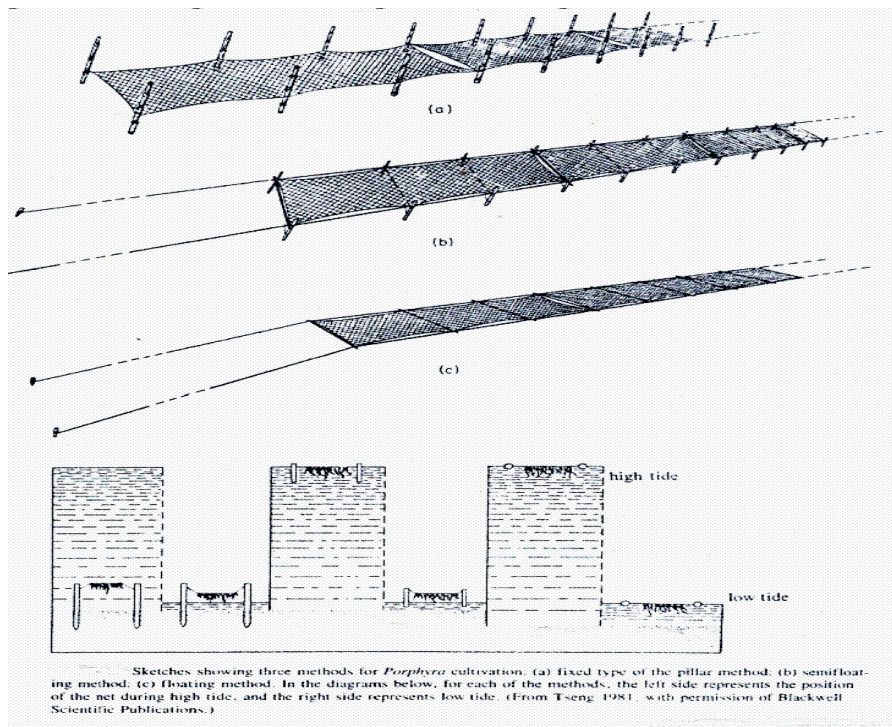
Métodos para a fixação das redes de cultivo no mar:

a) Redes amarradas em postes fixos no fundo – melhor método para áreas rasas;

b) Redes semiflutuantes – melhor em áreas onde a variação de marés é aproximadamente de 2 metros pois, durante as marés baixas, as redes ficam expostas ao ar e, durante as marés altas, ficam próximas à superfície da água;

c) Redes flutuantes – melhor em áreas mais profundas em que, mesmo durante as marés baixas, as redes nunca ficam expostas ao ar permanecendo sempre próxima à superfície da água.

O período de crescimento das lâminas no mar estende-se de outubro a abril (hemisfério norte) sendo que a colheita pode ser iniciada já em novembro.



II- LAMINARIA (PHAEOPHYTA)

Por muito tempo, o uso comercial deste kelp, baseou-se na exploração de algas crescendo naturalmente sobre substratos rochosos ou de bancos semi-cultivados (manejo de algas crescendo em bancos naturais). O cultivo propriamente dito teve início há, pelo menos, 250 anos atrás sendo que a maricultura em balsas teve início somente em 1952.

No caso da *Laminaria*, também ocorre alternância de gerações no seu ciclo de vida, porém, a fase esporofítica que é macroscópica (lâmina de importância econômica) e que desenvolve esporângios nas bordas das lâminas. Após a liberação destes esporos ocorre a germinação originando a fase gametofítica que é microscópica e responsável pela reprodução sexuada.

Técnicas de cultivo:

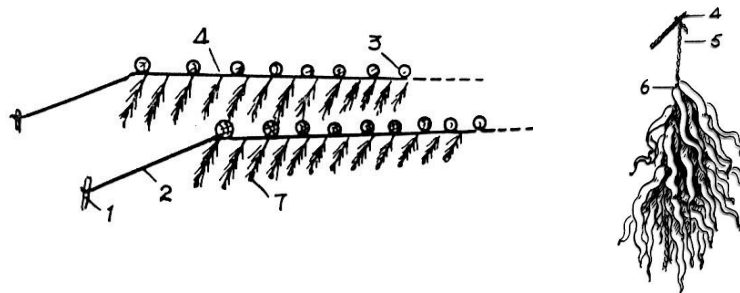
-Semeadura dos esporos nas cordas de cultivo. Para tanto, as frondes férteis são submetidas à secagem parcial ao ar livre antes de serem colocadas nos tanques contendo as cordas de cultivo. Este procedimento auxilia na ruptura dos esporângios, devido à rápida absorção de água e conseqüentemente ocorre a liberação dos esporos.

-Crescimento das plântulas no mar. As cordas semeadas são levadas às áreas de cultivo no mar e fixadas a sistemas de cordas flutuantes (long-lines).

-Transplante das plântulas nas cordas de cultivo definitivas. Tal etapa é realizada quando as plântulas atingem de 10 a 15 cm de comprimento.

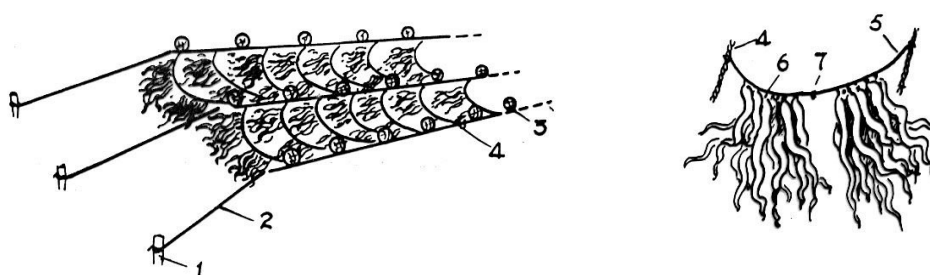
Sistemas de balsas flutuantes (“Long-lines”):

a) **Balsas simples** – sistemas de cordas que têm ao redor de 60 metros e flutuam com auxílio de bóias de vidro. Ao longo destas cordas flutuantes são amarradas as cordas de cultivo com as plantas. As cordas de cultivo têm ao redor de 50 cm, são estendidas em direção ao fundo com o auxílio de um peso na ponta e suportam, em média, cerca de 30 plantas.



1- estaca de madeira; 2- corda âncora; 3- flutuadores de vidro; 4- corda flutuante (long-line); 5- cordas de cultivo; 6- kelp; 7- peso

b) Balsas dobradas – as cordas de cultivo, neste caso, são dispostas paralelamente à superfície da água e fixadas a duas cordas flutuantes.



1- estaca de madeira; 2- corda âncora; 3- flutuadores de vidro; 4- corda flutuante (long-line); 5 e 6 - cordas de cultivo; 7- nó.

Os dois tipos de sistemas apresentam vantagens e desvantagens:

Balsa simples

Vantagens: melhor em águas mais movimentadas e mais claras como também melhor utilização da área do mar;

Desvantagem: crescimento desigual das plantas devido à diferença de intensidade luminosa ao longo da coluna d' água.

Balsas dobradas

Vantagem: como as cordas ficam dispostas próximas à superfície da água, há um melhor crescimento das plantas devido à uniformidade da intensidade luminosa recebida, portanto, é um método mais adequado para áreas de águas mais turvas;

Desvantagem: a estrutura da balsa como um todo é menos resistente em águas mais agitadas.

III- UNDARIA (PHAEOPHYTA)

Esta alga, junto com a *Laminaria* e a *Porphyra*, formam o grupo das algas mais utilizadas na alimentação humana. Os japoneses foram os pioneiros na produção desta alga e, posteriormente, a China e a Coréia iniciaram os seus cultivos. Hoje a Coréia é o maior produtor de *Undaria* do mundo.

No passado, as técnicas de cultivo empregadas consistiam de expandir os bancos aumentando a quantidade de substratos no fundo ou explodindo rochas já existentes com dinamites aumentando assim a área de substrato para o estabelecimento natural das plantas. Entretanto, uma ampla variedade de técnicas tem sido experimentada com sucesso através dos últimos 60 anos.

Undaria apresenta alternância de geração tendo um ciclo de vida semelhante ao de *Laminaria*.

Técnica de cultivo:

-Semeadura em cordas: os esporos são coletados no final da primavera e começo do verão. Uma secagem prévia das frondes promove a liberação dos esporos quando imersas nos tanques para liberação dos esporos. Os coletores de esporos são confeccionados com fios de fibra sintética, torcidos e enrolados ao redor de um quadrado de plástico (50 X 50 cm) a espaços de mais ou menos 1 cm de intervalo;

-Transferência das cordas com plântulas para o mar: após cerca de 3 semanas, os esporófitos jovens podem ser vistos crescendo sobre os fios enrolados nos coletores de esporos, então já podem ser levados ao mar para completarem seu desenvolvimento;

-O transplante das plantas nas cordas definitivas de cultivo pode ser feito quando estas atingirem de 2 a 3 cm de comprimento.

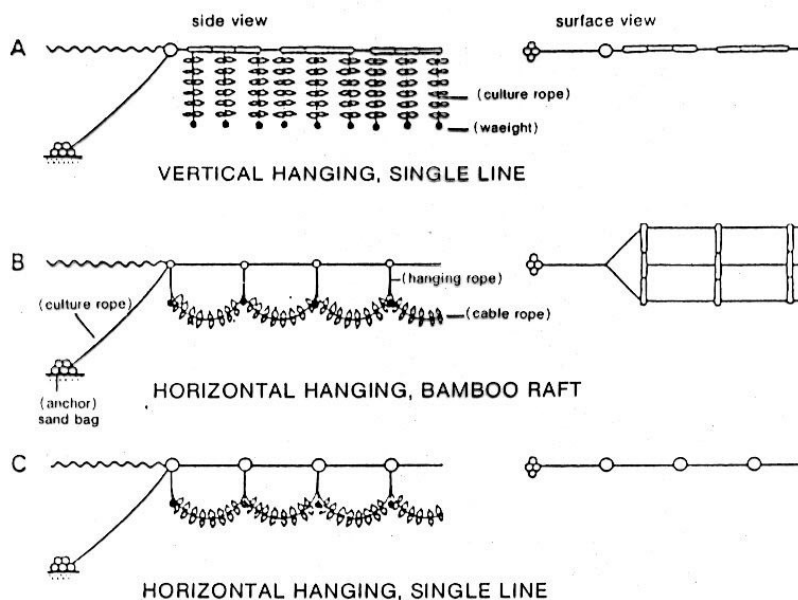
Da mesma forma que para *Laminaria*, as cordas com plantas de *Undaria* são amarradas em balsas flutuantes que sofrem variações de acordo com a área de cultivo.

Tipos de balsas flutuantes:

a) Sistemas em “Long-line” nas quais se estendem, perpendicularmente, as cordas de cultivo com as plantas;

b) Sistemas de balsas – construída com bambus que sustentam três fileiras de cordas flutuantes. As cordas de cultivo com as plantas são dispostas paralelamente à superfície da água e sustentadas pela balsa;

c) Sistemas em “long-line” sustentam as cordas de cultivo; porém, estas são dispostas paralelamente à superfície da água.



As plantas atingem tamanho de colheita (0,5 a 1 metro) ao redor de 3 meses depois de serem transferidas para o mar.

IV- *EUCHEUMA* E *KAPPAPHYCUS* (RHODOPHYTA)

Estes dois gêneros de algas são fontes de carragenanas respondendo atualmente por quase 90% de toda a matéria prima utilizada na extração deste ficocolóide.

Comercialmente, estes dois gêneros começaram a ser utilizados no final da década de 50 (século XX) com a finalidade de complementar a demanda de carragenana que era obtida quase que exclusivamente do gênero *Chondrus*, retirado dos bancos naturais.

A extração de carragenana em escala comercial iniciou-se na década de 40 (século XX) sendo que, até 1975 as principais fontes utilizadas foram o *Chondrus crispus*, algumas espécies de *Gigartina*, *Sarcothalia* e *Mazzaella*, estas duas últimas eram tratadas anteriormente como *Iridae*.

Kappaphycus alvarezii é cultivado principalmente nas Filipinas enquanto o principal produtor de *Eucheuma denticulatum* é a Indonésia. Os dois países produziram, em 2001, cerca de 140 mil toneladas de algas secas.

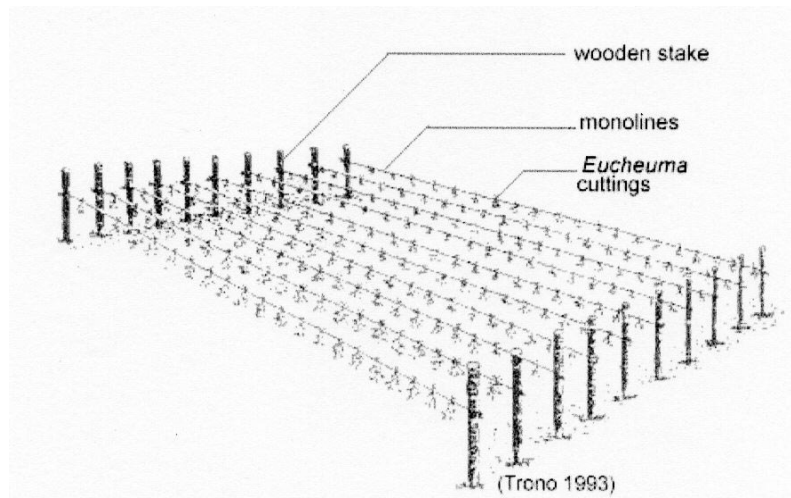
Tanto uma como a outra alga apresentam as duas fases (esporofítica e gametofítica) do seu ciclo de vida com talos macroscópicos, semelhantes, significando que tanto uma fase como a outra pode ser utilizada na indústria.

Condições para o cultivo:

Salinidade maior que 30 ‰, boa movimentação de águas, mas sem ondas grandes, água clara, temperatura entre 25 e 30 °C e fundo arenoso.

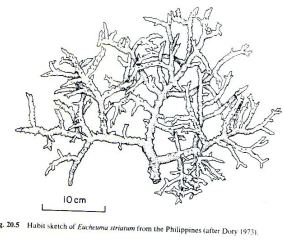
Sistemas de cultivo:

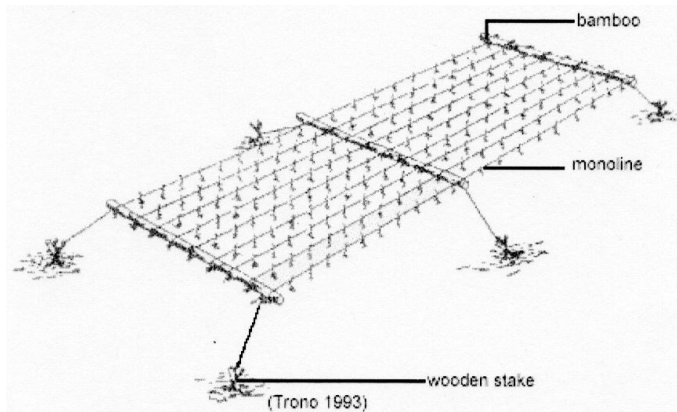
a) Suportes imóveis – as plantas são amarradas a redes ou cordas que, por sua vez, são fixadas a postes fincados no fundo. A fixação direta sobre o fundo, apesar de simples e barata, tem produtividade mais baixa devido às perdas por dispersão e herbivoria.



b) Suportes flutuantes – as plantas são amarradas a redes ou cordas que, por sua vez, são presas a balsas flutuantes. Estas redes de fio de nylon têm 30 cm de abertura de malha. Cada rede apresenta 2,5 a 5 metros de extensão e 127 intersecções.

Atualmente é comum o uso de cordas como suporte para fixação das algas. Apesar do emprego de balsas, a fixação de estacas cravadas no fundo é a técnica de cultivo mais difundida.





Uma parte da biomassa coletada é sempre replantada nas cordas de cultivo, pois a manutenção das populações cultivadas é feita somente por reprodução assexuada (brotamento).

Após a colheita o material é limpo para retirar as impurezas e colocado para secar a céu aberto até seu conteúdo de umidade chegar a 30%.

No Brasil foi iniciado em 1995 um cultivo experimental de *K. alvarezii* em Ubatuba, litoral norte do estado de São Paulo, utilizando o método da balsa flutuante. A alga usada foi trazida do Japão e originalmente das Filipinas. Os resultados obtidos ao longo de 5 anos de estudo mostraram-se promissores.

Hoje, o *Kappaphycus* está sendo cultivado na Restinga da Marambaia (RJ) e evoluído bastante.

V- *GELIDIUM* E *GRACILARIA* (RHODOPHYTA)

A grosso modo, quase 40% do ágar mundial vem do gênero *Gelidium*. O ágar de grau bacteriológico é obtido exclusivamente deste gênero.

Gelidium é obtido, quase que exclusivamente, dos bancos naturais. Alguns métodos de manejo (expansão dos bancos naturais) têm sido feitos por mais de 300 anos.

No passado os métodos consistiam em aumentar o substrato disponível derrubando grandes rochas em águas costeiras próximas de bancos existentes onde os esporos são suficientemente abundantes para semear as rochas. Outros esforços para aumentar o suplemento de agarófitas têm incluído a limpeza mecânica da superfície das rochas eliminando espécies competidoras, promoção do crescimento de plantas jovens até a idade de colheita em cordas de cultivo flutuantes e, mais recentemente, fertilizando a água costeira na qual a alga está crescendo.

Gracilaria é colhida em bancos naturais em mais de 20 países, inclusive no Brasil, mas tentativas estão sendo feitas para cultivá-las.

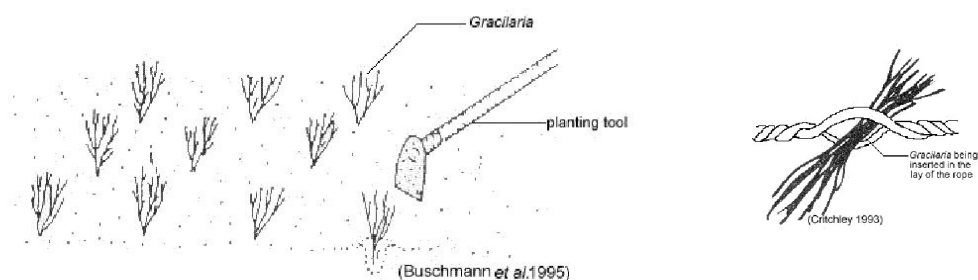
Sistemas de lagoas têm sido utilizados no cultivo desta alga como, por exemplo, em Israel e em Taiwan. O cultivo em balsas tem sido empregado na China. Nas balsas as algas podem ser fixadas em redes ou em sistemas de cordas. Sistemas de cordas também podem ser utilizados em águas mais rasas onde estas cordas são amarradas em estacas fixas ao fundo.

O ciclo de vida de *Gracilaria* é do tipo trifásico, sendo que as fases esporofítica e gametofítica são isomórficas podendo ser, portanto, utilizadas no processo industrial.

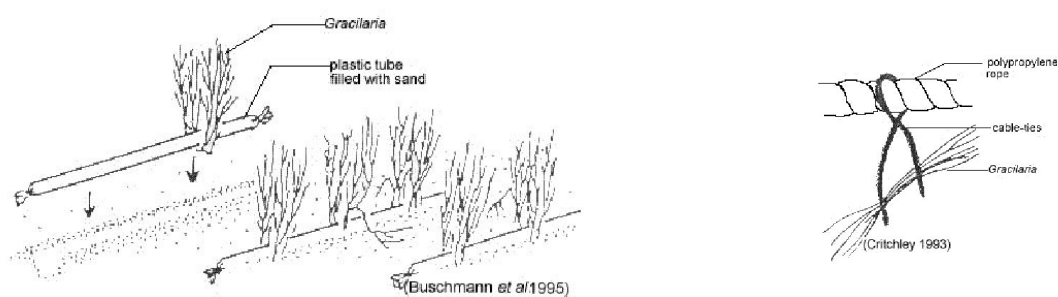
O Chile hoje é um dos maiores produtores de *Gracilaria* do mundo movimentando cerca de 78 milhões de dólares por ano gerado a partir das algas e derivados. Em 1995 o Chile chegou a exportar 37 mil toneladas de algas sendo que aproximadamente 90% deste montante oriundo das fazendas marinhas. No ano de 2000, a produção girou em torno de 137 mil toneladas de algas extraídas de bancos naturais e 33 mil toneladas de algas frescas provenientes dos cultivos.

Cultivo de *Gracilaria chilensis* no Chile:

a) Mudras são plantadas diretamente no fundo arenoso com auxílio de uma forquilha.



b) Mudras são fixadas na malha de cordinhas e estas são enroladas em sacos de areia que podem ter formato cilíndrico ou circular.



Em ambos os casos, após o desenvolvimento das plantas estas são colhidas de um barco, puxadas com o auxílio de ancinhos ou são colhidas por mergulhadores.

Na América do Sul espécies de *Gracilaria* também vêm sendo cultivadas na Venezuela (*Gracilaria córnea*) com uma produção em torno de 2.500 toneladas de algas secas por ano.

No Brasil, espécies de *Gracilaria* têm sido exploradas dos bancos naturais no nordeste há várias décadas. Alguns experimentos pilotos de cultivo foram feitos, mas toda a exploração comercial deriva ainda dos bancos naturais dos estados do Ceará e do Rio Grande do Norte.

VI- MACROCYSTIS, PTEROCLADIA E HYPNEA

Algas de importância econômica que são extraídas em sua maior parte de bancos naturais.

a) *Macrocystis* (Phaeophyta) – É um kelp muito abundante ao longo da costa da Califórnia estendendo-se nas costas do México e Chile, também na Austrália e Nova Zelândia.

Estas grandes algas, que podem atingir até 70 metros de comprimento, são produtoras de alginato. Os esforços no sentido de cultivar esta alga até agora não tiveram sucesso sendo que são muitos os esforços no sentido de restaurar os bancos naturais.

b) *Pterocladia* (Rhodophyta) – Esta alga produz um ágar de ótima qualidade. Toda a exploração comercial é proveniente, quase que exclusivamente, dos estoques naturais.

Pterocladia capillacea ocorre e é explorada, principalmente, dos bancos naturais em países europeus.

No Brasil, ocorre um gênero muito semelhante que é a *Pteroclatiella*. Alguns estudos no sentido de cultivar este gênero no Brasil foram tentados sem muito sucesso. Pesquisadores da USP tentaram cultivá-la, experimentalmente, em sistemas de tanques e no mar; porém, devido ao lento crescimento (5% ao dia) não se obteve resultados animadores. Os melhores resultados foram obtidos em métodos de manejo em bancos naturais onde se retirava as espécies competidoras abrindo, desta forma, espaço para ocupação de *Pteroclatiella*.

c) *Hypnea* (Rhodophyta) – Esta alga representa uma interessante fonte de carragenana, embora seja também utilizada como alimento nas Filipinas, e como vermífugo na Indonésia. Tem sido utilizada nos EUA na indústria de ficocolóides desde 1945.

No Brasil, vários estudos foram feitos no sentido de cultivar a espécie *Hypnea musciformis* em tanques, sistemas de lagoas e no mar. Os métodos utilizados no mar, em caráter experimental, têm se mostrado mais promissores.

Métodos de cultivo de *H. musciformis* que foram utilizados:

- a) Sistemas de balsas flutuantes onde as algas são dispostas em cima de sacos;
- b) Substratos de nylon presos a cordas ancoradas. Neste caso, os propágulos dispersos na coluna d'água “semeiam” naturalmente o substrato de nylon por se tratar de uma alga epífita.

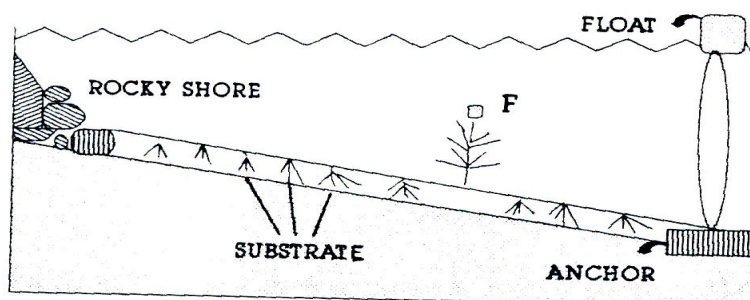


Fig. 1. The rope system with artificial substrates. F - artificial substrates at two levels, and supported by a float.

c) Substratos de nylon fixos em estacas enterradas no fundo. Também aqui os propágulos se fixam naturalmente no substrato.

Os melhores resultados obtidos foram estimados em 142 toneladas de algas frescas por hectare por ano, em substratos de cordas desfiadas.

O manejo desta espécie foi conduzido experimentalmente mostrando resultados interessantes. Para tanto, em uma área (Ubatuba – São Paulo) fixa de costão, colhia-se mensalmente toda a biomassa de *Hypnea* simulando uma atividade comercial e, a cada mês, antes da colheita, procedia-se amostragens para avaliar a recuperação do banco ao longo do mês. A análise de 24 meses de estudo revelou que a recuperação da biomassa de um mês para outro foi em média de 87%.

No Brasil a exploração de *Hypnea* ocorre nos bancos naturais do nordeste há décadas. A importação anual de carragenana no Brasil é de aproximadamente 1.200 toneladas (média de importação de 2000-2006). Em relação ao alginato, o Brasil importou em 1999 cerca de 500 toneladas enquanto que a importação de agar, em média, (importação de 2000-2006) foi de 40 toneladas.

No Brasil existe somente uma companhia processadora de ficocolóides que é a “Agar Brasileiro” que está estabelecida em João Pessoa, PB cuja produção de carragenana gira em torno de 1 tonelada ao mês e a de ágar ao redor de 8 toneladas ao mês. A matéria prima utilizada pela fábrica brasileira é toda extraída dos bancos naturais no litoral de Pernambuco e Ceará (*Gracilaria* e *Hypnea*).

Além desta indústria há também um laboratório (Laboratórios Griffith) em Mogi das Cruzes que produz carragenanas com algas secas importadas das Filipinas. Dados de 1999 indicam que a Griffith importa das Filipinas cerca de 2 mil toneladas ao ano de algas secas *Kappaphycus* gerando 400 a 500 toneladas de carragenana por ano. Entretanto, devido a qualidade do produto (qualidade intermediária), o mercado destina-se principalmente a embutidos ou rações de animais.

“Embora não tenhamos grandes fontes produtoras de ficocolóides a ponto de nos tornarmos auto-suficientes e competidores comerciais das grandes empresas do ramo, pelo menos em curto prazo, devemos conhecer mais nossos recursos costeiros a fim de podermos aproveitá-los da melhor maneira possível e, quem sabe, em um futuro não tão distante, dispormos de formas alternativas de recursos a serem explorados”.