

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ
ESCOLA POLITÉCNICA DE SAÚDE JOAQUIM VENÂNCIO
LABORATÓRIO DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL EM GERÊNCIA EM SAÚDE

**O PARADOXO DA SIMPLICIDADE:
IMORTALIDADE VIRTUAL NO FILO *CNIDARIA***

Herbert Alves de Medeiros

Rio de Janeiro
2011

Herbert Alves de Medeiros

**O PARADOXO DA SIMPLICIDADE:
IMORTALIDADE VIRTUAL NO FILO *CNIDARIA***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio
como requisito parcial para aprovação no curso
técnico de nível médio em Gerência em Saúde.

Orientador: Ray Luiza Soares Salgado Müller

Rio de Janeiro
2011

Herbert Alves de Medeiros

**O PARADOXO DA SIMPLICIDADE:
IMORTALIDADE VIRTUAL NO FILO *CNIDARIA***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio
como requisito parcial para aprovação no curso
técnico de nível médio em Gerência em Saúde.

Aprovado em __ / __ / __

BANCA EXAMINADORA

Ray Luiza Soares Salgado Müller. Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio

Flávio Henrique Marcolino da Paixão. Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio

Daniel Santos Souza. Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que de alguma forma me fizeram completar estes três anos no colégio. Em especial, à minha família, que foi a mais prejudicada com os meus constantes reclames em relação às tarefas e trabalhos.

A respeito da monografia, um grande obrigado à minha orientadora e amiga Ray Luiza, que viu em meio as minhas loucuras uma grande oportunidade de trabalharmos juntos, e a Ferdinando Boero, um dos principais estudiosos do objeto desta pesquisa, que se dispôs a esclarecer algumas de minhas dúvidas durante a elaboração do trabalho. Do mais, agradeço aos meus verdadeiros amigos, os quais eu certamente obriguei a me aturarem e que certamente deixarão grandes saudades. Vocês são incríveis.

Who wants to live forever?

Fred Mercury

RESUMO

Os cnidários por muito tempo vêm sendo vistos como organismos simples. Em termos evolutivos, isso é reforçado pelo fato destes indivíduos não apresentarem traços comuns entre os animais superiores, como cérebro ou sistema nervoso centralizado. A classe *Hydrozoa*, uma das ramificações do filo, é uma das mais evoluídas, visto que as únicas medusas exibidoras de mesoderme pertencem a esta classe. A reprodução destes animais ocorre geralmente com a alternância de gerações entre uma fase polipoide, que se reproduz assexuadamente, para uma fase medusoide, produtora de gametas. A sequência deste ciclo, no entanto, parece não ser regra geral. Foi descoberto um hidrozóario capaz de reverter-se do estágio sexualmente maduro, medusoide, para o sexualmente imaturo, polipoide, através de um procedimento conhecido como ontogenia reversa. Este hidrozóario é a *Turritopsis nutricula*, um organismo com cerca de 5 mm que rejuvenesce ao ser exposto a diversos estresses do ambiente, tal como mudanças na temperatura, ou na salinidade. Por conta de tal capacidade, o organismo é aclamado como virtualmente imortal. Além disso, apesar de ser considerada originária do Caribe, a espécie encontra-se disseminada por diversas partes globo, por conta da água de lastro dos navios, principalmente. Dados estes fatos, presume-se que a espécie tende a alcançar elevados números de representantes, visto que esta só padece se for destruída ou predada, e estima-se que em breve estará presente em todo o mundo. Entretanto, quais são os impactos que este elevado número de indivíduos pode ocasionar? E o que ocorre com o animal durante o seu rejuvenescimento?

Palavras-chave: Cnidários, *Turritopsis nutricula*, ontogenia reversa, água de lastro.

LISTA DE IMAGENS

Imagem 1	Simetrias radiais	.....
Imagem 2	Formas corporais	.....
Imagem 3	Cnidócilio	.....
Imagem 4	Água-viva com manúbrio	.....
Imagem 5	Alternância de gerações	.....
Imagem 6	Éfira	.....
Imagem 7	Anêmona-do-mar	.....
Imagem 8	<i>Tamoya Gargantua</i>	.....
Imagem 9	<i>Aurelia aurita</i>	.....
Imagem 10	Hidra	.....
Imagem 11	Colônia hidróide	.....
Imagem 12	Hydractina	.....
Imagem 13	<i>Aequorea victoria</i>	.....
Imagem 14	Metagênese nos hidrozoários	.....
Imagem 15	<i>Turritopsis nutricula</i>	.....
Imagem 16	Mapa de distribuição da espécie	.....
Imagem 17	Ciclo de vida <i>Turritopsis nutricula</i>	.....
Imagem 18	Quadro comparativo dos ciclos de vida	.....
Imagem 19	Estágios da medusa	.....
Imagem 20	Água de Lastro	.....
Imagem 21	Teia Alimentar	.....
Imagem 20	Pirâmide de Energia	.....

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
CAPÍTULO I – FILO <i>CNIDARIA</i>	13
1.1. ORGANIZAÇÃO TECIDUAL.....	14
1.2. CNIDÓCITOS.....	15
1.3. ORGANIZAÇÃO CORPORAL.....	16
1.4. SISTEMA NERVOSO.....	17
1.5. NUTRIÇÃO E DIGESTÃO.....	18
1.6. REPRODUÇÃO.....	18
1.7. CLASSIFICAÇÃO DOS CNIDÁRIOS.....	20
CAPÍTULO II – CLASSE <i>HYDROZOA</i>	23
2.1. ESTRUTURAS.....	23
2.2. REPRODUÇÃO E CICLO DE VIDA.....	27
2.3. REGENERAÇÃO NA CLASSE <i>HYDROZOA</i>	28
2.4. EVOLUÇÃO DOS HIDROZOÁRIOS.....	29
CAPÍTULO III – <i>Turritopsis nutricula</i>	30
3.1. PREDECESSORES NA ONTOGENIA REVERSA.....	30
3.2. DESVENDANDO A ESPÉCIE.....	30
3.3. CICLO DE VIDA.....	32
3.4. ESTÁGIOS MEDUSÓIDES DURANTE O CICLO DE VIDA INVERSO.....	35
3.5. TRANSDIFERENCIAÇÃO: UM MECANISMO POUCO DESVENDADO.....	37
CAPÍTULO IV – RELAÇÕES ECOLÓGICAS	39
4.1. EVOLUÇÃO E ECOLOGIA NOS CNIDARIOS	39
4.2. ÁGUA DE LASTRO.....	41
4.3. IMPACTOS DA DISPERSÃO DA ESPÉCIE <i>TURRITOPSIS NUTRICULA</i> SOBRE O PLÂNCTON.....	43
CONSIDERAÇÕES FINAIS	47

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....49

INTRODUÇÃO

O presente trabalho se propõe a analisar a espécie *Turritopsis nutricula* (classe *Hydrozoa*, filo *Cnidaria*), cuja medusa, ou água-viva, é capaz de reverter-se para a forma polipoide após ter alcançado a maturidade sexual. Além disso, pretende-se aduzir os possíveis impactos que a disseminação desenfreada da espécie trará em termos ecológicos. Para tanto, todavia, faz-se necessária uma apresentação prévia sobre o filo *Cnidaria* e a classe *Hydrozoa*, a fim de situar o objeto de pesquisa dentro deste trabalho.

O filo *Cnidaria* ou *Coelenterata* apresenta mais de 9000 espécies de animais – compreendendo os corais, águas-vivas, anêmonas-do-mar, hidras e caravelas – de meio ambientes aquáticos, sendo a maioria marinha. Uma das principais características distintivas do filo é a presença de células especializadas, os cnidócitos, também conhecidos como cnidoblastos, ou células urticantes, que contêm organelas capazes de eversão conhecidas como cnidos (RUPERT & BARNES, 2005).

Há duas formas básicas de corpo para os indivíduos desse filo: a medusa e o pólipio. Os pólipos são sésseis, ou seja, vivem fixos a um substrato; possuem um corpo tubular ou cilíndrico com a extremidade oral localizada na parte superior, enquanto que a extremidade oposta fica presa (MOORE, 2006). As medusas são organismos de natação livre e seus corpos lembram guarda-chuvas ou sinos marginados por tentáculos; a boca localiza-se no centro da superfície inferior côncava.

A reprodução dos cnidários ocorre por processos sexuado e assexuado, havendo, por muitas vezes, alternância de gerações sexuadas e assexuadas no ciclo (metagênese). Em alguns animais, a forma dominante é a polipoide, enquanto que em outros é a medusoide (PECHENICK, 2005).

Os cnidários são classificados em quatro classes principais, a saber: *Hydrozoa*, *Scyphozoa*, *Anthozoa* e *Cubozoa*. Uma vez que o objeto da pesquisa pertence à classe *Hydrozoa*, vamos nos ater a esta (AMABIS & MARTHO, 2004).

Embora alguns hidrozoários, isto é, os componentes da classe *Hydrozoa*, apenas apresentem a forma medusoide, a grande maioria possui um estágio polipoide em seu ciclo de vida. Nestes, os pólipos originam assexuadamente pequenas medusas de vida relativamente curta, e estas, por sua vez, reproduzem-se dando origem a novos pólipos, que fecham o ciclo (HYMAN, 1940). O ciclo de vida de um hidrozoário é tipicamente descrito pela alternância entre três estágios: a larva planular, o estágio polipoide pós-larval (colonial) e a fase adulta (medusoide). A larva planular tem um período de vida relativamente curto, que varia de poucas horas a poucos dias antecedentes à metamorfose, ao passo que tanto as formas de

pólipo quanto as de medusa possuem um tempo de vida bem mais longo, oscilando de dias a anos (BOUILLON, 1994).

Os hidrozoários apresentam um evidente potencial de regeneração, conhecido como renovação. Exemplo deste potencial, as colônias polipoides podem permanecer por vários anos sofrendo retrações periódicas e produzindo vastas quantidades de medusas sexualmente maduras, além de apresentarem ciclos recorrentes de processos regenerativos, sem nenhuma relação com a senescência (TARDENT, 2008).

Um potencial complementar foi descoberto em poucas espécies cujas formas polipoides podem ser também reformadas a partir de tecidos regressivos de estágios sexuais. O primeiro relato de ‘ontogenia reversa’ nos foi dado por Müller, em 1913, que observou a formação de estolões e pólipos a partir da involução de brotos medusoides. Nesse estudo, Müller percebeu ainda que somente os brotos das medusas jovens poderiam retroceder para estágios anteriores, enquanto que os brotos de medusas adultas desenvolver-se-iam em medusas pequenas, porém totalmente formadas. Logo, acreditava-se que o começo da reprodução sexual era o ponto decisivo para que não houvesse mais inversão da sequência ontogênica em qualquer organismo vivo.

Todavia, estudos feitos na espécie *Turritopsis nutricula* demonstraram que todas as medusas recém-liberadas podem reverter-se para a fase de pólipo (BAVESTRELLO, 1992). Posteriormente, foi constatado que a ontogenia reversa ocorre em todos os estágios de crescimento da medusa, incluindo a fase adulta, portadora de gônadas (PIRAINO, 1996). Portanto, em virtude da habilidade de rejuvenescimento do hidrozoário *Turritopsis nutricula* em períodos críticos, evitando, dessa forma, a morte, estima-se que em breve o número de indivíduos da espécie cresça indiscriminadamente, trazendo consequências para as relações ecológicas. Cabe deixar claro que ainda não se sabe o mecanismo responsável por esse rejuvenescimento, nem a forma pela qual este atua. Descobrir o artifício que promove o desenvolvimento reverso é justamente a principal ambição dos estudiosos que lidam com o tema.

Este trabalho foi realizado a partir da leitura de livros e artigos científicos sobre invertebrados, biologia marinha, a espécie *Turritopsis nutricula* e ecologia. Pelo fato das experiências com a *Turritopsis nutricula* serem bastante recentes, a mais antiga datando de 1992, não há muita literatura sobre o tema. Um dos principais teóricos do assunto, Ferdinando Boero, foi contatado em setembro e confirmou a escassez de trabalhos, afirmando que o progresso nos estudos sobre a espécie depende do avanço em estudos sobre determinados temas, como a transdiferenciação.

Espera-se com essa monografia pôr em evidência este organismo tão singular e, desta forma, estimular os cientistas a estudarem esta espécie que tanto pode contribuir para a ciência, além de, obviamente, alertar sobre impactos ecológicos que a dispersão da espécie pode trazer para o meio-ambiente.

CAPÍTULO I – FILO *CNIDARIA*

O filo *Cnidaria* ou *Coelenterata* compreende os corais, águas-vivas, anêmonas-do-mar, hidras e caravelas, dentre outras espécies de meios ambientes aquáticos, sendo a maioria marinha. O número de espécies presentes no filo, no entanto, é discordante entre alguns autores. Há leituras que afirmam 9000 como o número aproximado de espécies (RUPERT & BARNES, 2005) e outras que apontam 11000 como o número mais próximo (BRUSCA, 2003). Richard Brusca (2003) sugere que tamanha variedade dentro do filo se dá por duas causas principais: a primeira, em virtude da tendência desses animais formarem colônias, por reprodução assexuada; e a segunda, em razão de muitos cnidários exibirem um ciclo de vida dimórfico, que inclui duas formas corpóreas completamente diferentes: o pólipó e a medusa, os quais serão abordados com maior profundidade no desenrolar deste capítulo. Em razão da simetria radial desses animais, os mesmos compõem uma divisão do Reino Animal chamada *Radiata*.¹ A figura abaixo demonstra alguns tipos de simetria apresentadas por esses animais.

¹ Neste ramo estão incluídos os componentes do sub-reino *Eumetazoa* (filos *Cnidaria* e *Ctenophora*). Neste segmento, tanto os cnidários quanto os ctenóforos apresentam várias formas de simetria ao longo do eixo oral-aboral. No entanto, há evidências morfológicas que atestam a redução dos níveis de simetria em ambos os filós, afirmando a existência de formas corporais com simetria birradial e, até mesmo, bilateral. (MARTINDALE & HENRY, 1998).

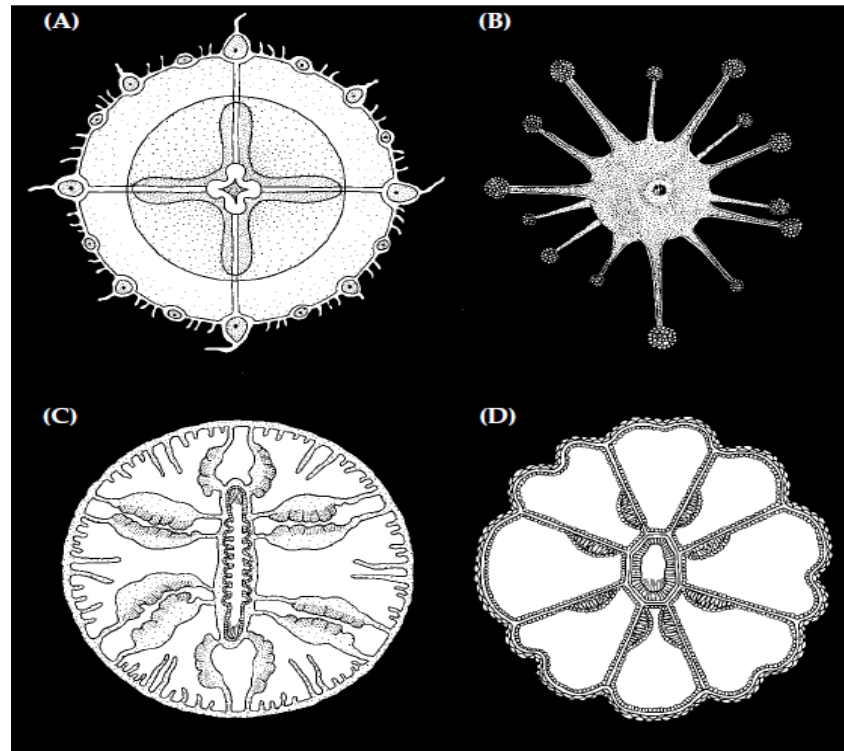


Figura 1 – Simetrias no *Animalia*

A: Simetria quadrirradial de uma hidromedusa; B: Simetria radial de um pólipó hidróide;

C: Simetria radial de uma anêmona-do-mar; D: Simetria birradial de um pólipó octocoral.

Fonte: Brusca, 2003

1.1 ORGANIZAÇÃO TECIDUAL

Os cnidários possuem três camadas que constituem sua parede corporal (Fig. 2): epiderme (epitélio externo, com células sensoriais e cnidócitos), gastroderme (epitélio interno que reveste a cavidade gastrovascular) e mesogleia (camada extracelular que possui células nervosas formando um sistema nervoso difuso). A mesogleia varia de uma lâmina basal não-celular fina, como nas hidras e em muitos outros hidrozoários, até um tecido conjuntivo gelatinoso, fibroso ou espesso com ou sem células mesenquimais (RUPERT & BARNES, 2005). Além disso, essa camada é responsável pelo revestimento do celêntero² dos cnidários e ctenóforos³. Os cnidários são diblásticos, ou seja, possuem apenas dois folhetos germinativos: o ectoderma, que posteriormente formará a epiderme e a endoderma, que futuramente originará a gastroderme. Na verdade, os termos ‘ectoderma’ e ‘endoderma’ foram

² Cavidade gastrovascular.

³ Ctenóforos (filo *Ctenophora*) são animais monofiléticos (todas as espécies são derivadas de uma única espécie ancestral), que compõem um filo com pouco mais de 100 espécies. Apesar de serem bastante parecidos com os cnidários – o que explica a razão de alguns autores agregarem ambos os animais em um único filo, o *Coelenterata* –, há diferenças claras entre esses animais, como, por exemplo, a ausência de cnidócitos nos animais ctenóforos e a presença de células específicas nestes últimos denominadas coloblastos, usadas, principalmente, para a captura de presas.

originalmente usados para denominar os tecidos externos e internos dos cnidários, e muitos especialistas ainda se valem desses termos (BRUSCA, 2003).

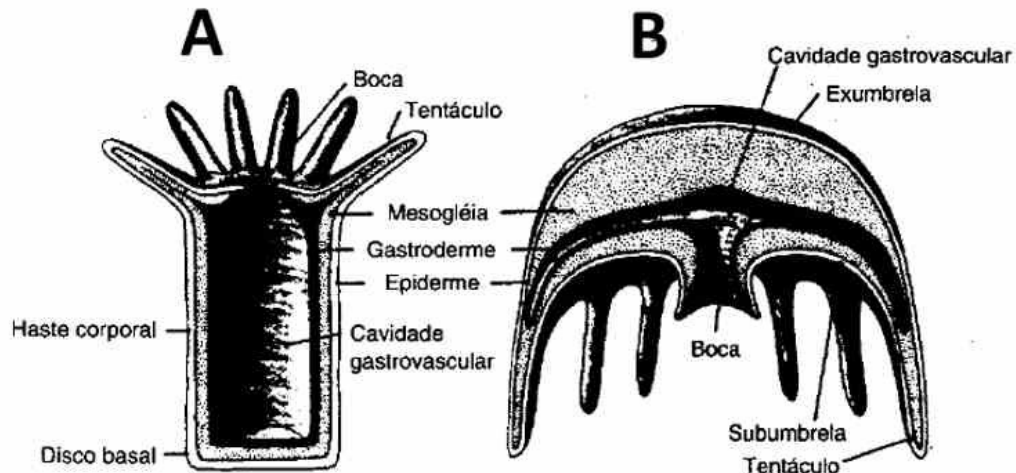


Figura 2 – A: Forma corporal polipoide; B: Forma corporal medusoide.

Fonte: RUPERT & BARNES, 2005

1.2 CNIDÓCITOS

Os cnidoblastos, cnidócitos, ou células urticantes são a maior característica distintiva dos cnidários (ANDERSON & MCKAY, 1987). Tratam-se de células especializadas, contendo organelas capazes de eversão conhecidas como cnidos, e a principal funcionalidade destas células está associada à defesa do organismo e à captura de presas. O tipo de cnido mais comum é o nematocisto, uma cápsula oval que guarda um líquido tóxico sob pressão, mas também há os espirocistos e pticocistos, que são específicos dos antozoários. Esse tipo de célula é especialmente abundante nos tentáculos e ao redor da boca, e localiza-se por toda a epiderme, alojando-se entre as células mioepiteliais epidérmicas ou encontrando-se invaginados no interior das mesmas (RUPERT & BARNES, 2005).

Na região mais externa do cnidoblasto há, geralmente, uma expansão em forma de dente denominada cnidocílio. O cnidocílio atua como uma espécie de gatilho através de uma alteração rápida na pressão osmótica dentro da cápsula, disparando o nematocisto ao menor toque. Ao ser liberado, o filamento urticante se everte rapidamente, lançando a toxina através de poros ou por sua extremidade livre. Em certos namatocistos, o filamento urticante possui também uma série de espinhos, que se eriçam na medida em que ele se everte da cápsula. Uma vez descarregado, o cnidoblasto não se recompõe, degenerando-se. Novos cnidoblastos

estão constantemente sendo produzidos a partir da diferenciação de células intersticiais (ANDERSON, 2001).

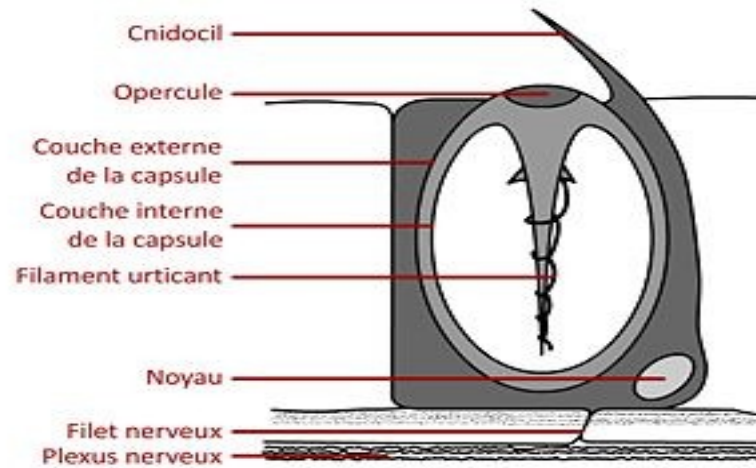


Figura 3 – Esquema de um cnidócito.

Os elementos, do topo à base da figura, correspondem, respectivamente, ao cnidocílio, o opérculo, a camada externa da cápsula, a camada interna da cápsula, o filamento urticante,

Fonte: fr.academic.ru, 2010

Apesar da toxina da maioria dos nematocistos não ser perceptível para os seres humanos, algumas espécies de cnidários produzem toxinas que provocam desde queimaduras e irritações dolorosas, até a morte (BRUSCA, 2003).

1.3 ORGANIZAÇÃO CORPORAL

Há duas formas básicas de corpo para os indivíduos desse filo: a medusa e o pólipos. Ainda que as paredes corporais dos pólipos e das medusas sejam semelhantes, suas morfologias são adaptadas para seus estilos de vida bastante distintos.

1.3.1 Pólipos

Os pólipos são sésseis, ou seja, vivem fixos a um substrato; possuem um corpo tubular ou cilíndrico com a extremidade oral localizada na parte superior enquanto que a extremidade oposta fica presa. Essas formas são bem mais variadas do que as medusas, visto que tal variedade é resultado de suas capacidades de reprodução agâmica⁴ e formação de

⁴ Sem produção de gametas.

colônias. A maioria dos pólipos é de pequeno porte, contudo, algumas espécies, como a *Stichodactyla mertensii*, podem alcançar mais de um metro em diâmetro (BRUSCA, 2003).

A simetria básica dos pólipos é radial, embora, como já foi abordado no texto, algumas espécies já apresentem simetria birradial ou quadrirradial. Enquanto que a mesogleia dos pólipos é relativamente fina, a das medusas é espessa, o que acaba por conferir volume às mesmas (RUPERT & BARNES, 2005).

1.3.2 Medusas

As formas medusoides estão presentes em todas as classes do filo *Cnidaria*, com exceção da classe *Anthozoa*. As medusas são organismos de natação livre e seus corpos lembram guarda-chuvas ou sinos marginados por tentáculos; a boca localiza-se no centro da superfície inferior côncava (RUPERT & BARNES, 2005).

Embora também haja variação entre as formas medusóides, estas são muito poucas comparadas as dos pólipos, o que permite certa generalização acerca de suas anatomias. A relativa uniformidade entre as medusas é, em parte, resultado da similaridade de seus estilos de vida e da incapacidade destes organismos de formar colônias⁵ por meio da reprodução assexual (ANDERSON, 2001).

As medusas podem possuir forma de sino, prato, ou guarda-chuva. A superfície superior, côncava (e aboral), é chamada de exumbrela, enquanto que a superfície inferior, convexa (e oral), é chamada de subumbrela. A boca encontra-se no centro da subumbrela, estando frequentemente suspensa por uma extensão tubular conhecida como manúbrio⁶ (BRUSCA, 2003). A figura abaixo ilustra tal estrutura.

⁵ Apesar de não serem capazes de formar colônias, as medusas da classe *Hydrozoa* podem participar da vida colonial na medida em que as mesmas permanecem presas à colônia na forma de gonóforos (portadores de gônadas).

⁶ O manúbrio é uma estrutura quase sempre presente nos indivíduos da classe *Hydrozoa* (BRUSCA, 2003).

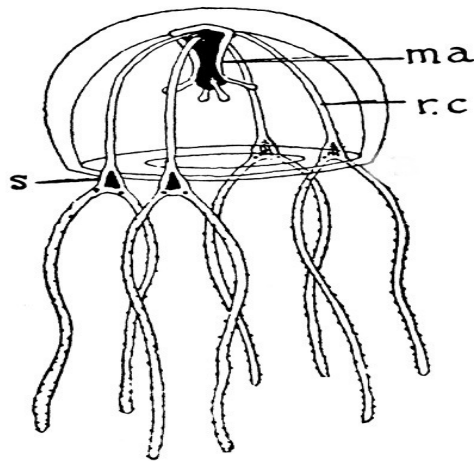


Figura 4 – Água-viva

s: Sensor; r.c: Canal radial; ma: Manúbrio

Fonte: usf.edu

1.4 SISTEMA NERVOSO

Os cnidários têm um sistema nervoso descentralizado e difuso, no qual as células sensoriais representam o tipo de célula mais primitiva do Reino Animal (ALMEIDA, 1970). Geralmente, os neurônios estão dispostos em redes nervosas, uma entre a epiderme e o mesênquima⁷ e a outra entre a gastroderme e o mesênquima. A resposta dos cnidários aos estímulos que recebem é bastante lenta, em virtude da estrutura de suas redes nervosas e do atraso das junções neuronais (MOORE, 2006).

Os pólipos sésseis não respondem muito bem a estímulos, tendo seus órgãos sensoriais pouco desenvolvidos (ANDERSON, 2001). Poucas células e sinapses são polarizadas, forçando a transmissão do impulso nervoso em apenas uma direção; contudo, a maioria dos neurônios e sinapses dos cnidários é apolar, permitindo que o impulso percorra em qualquer direção. Em alguns cnidários, onde ambas as redes nervosas são desenvolvidas, uma rede serve como um sistema condutor difuso de neurônios apolares, funcionando de forma lenta; enquanto a outra trabalha como um sistema condutor de neurônios bipolares, agindo de forma rápida (MOORE, 2006).

⁷ Do grego ‘μεσεγγύματος’, indica um tecido conectivo primitivo, derivado em parte, ou completamente, da ectoderme; e localizado entre a epiderme e a gastroderme (DOUMENE, 1993).

1.5 NUTRIÇÃO E DIGESTÃO

A maioria dos cnidários é carnívora e a maior parte de sua dieta é composta por animais componentes do zooplâncton⁸. A nutrição dos cnidários pode ocorrer de várias formas: predação, absorção de substâncias químicas dissolvidas, filtração de partículas de comida, etc (RUPERT & BARNES, 2005).

Ao redor da boca há geralmente projeções longas e tubulares, os tentáculos, que, ao entrarem em contato com as presas, descarregam nematocistos que a paralisam. Os tentáculos, então, puxam-na para a boca, por onde chega a cavidade gastrovascular.

Dentro da cavidade gastrovascular terá início a digestão extracelular, na qual serão liberadas enzimas proteolíticas, reduzindo gradualmente os tecidos da presa a um sumo inconsistente. O batimento dos flagelos da célula mioepiteliais digestivas garante a mistura. Após a fase extracelular, a digestão prossegue intracelularmente no citoplasma dessas células, onde a mesma se conclui. Essa digestão, por iniciar-se extracelularmente e terminar intracelularmente recebe o nome de digestão extra e intracelular. Os produtos úteis são distribuídos às diversas células do corpo por difusão, enquanto que os materiais indigeríveis são ejetados pela boca quando o corpo se contrai (ANDERSON, 2001).

A partir do momento em que a presa é capturada, a digestão pode demorar algumas horas enquanto que a absorção de nutrientes pode demorar alguns dias (e os restos da presa não digeridos serão eliminados pela boca do animal). A circulação dos nutrientes é realizada por correntes de água coordenadas por movimentos musculares ou pelos cílios da gastroderme, de forma que os nutrientes alcancem a cavidade digestiva do animal como um todo (RUPERT & BARNES, 2005).

⁸ Fração do plâncton constituída por seres que se alimentam, por ingestão, de matéria orgânica já elaborada.

1.6 REPRODUÇÃO

A reprodução dos cnidários ocorre por processos sexuado e assexuado, havendo, por muitas vezes, alternância de gerações (Fig. 5) sexuadas e assexuadas no ciclo (metagênese).

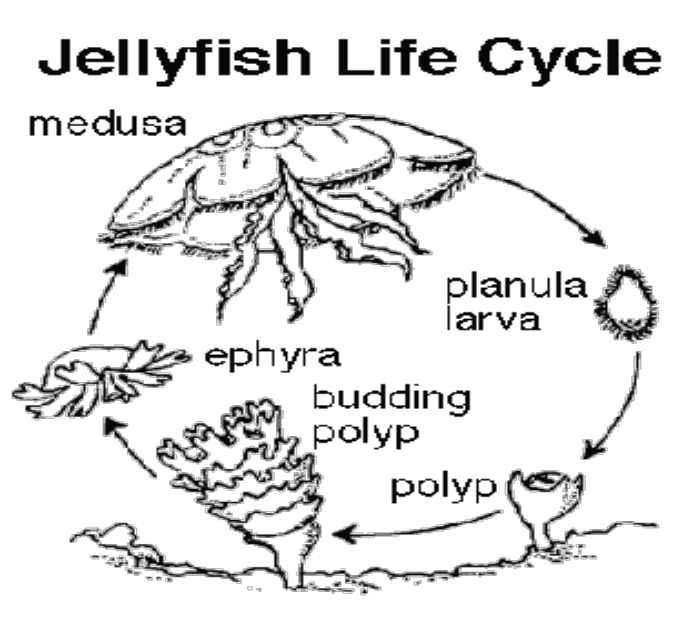


Figura 5 - Alternância de gerações no filo *Cnidaria*

Fonte: www.dnr.sc.gov

As medusas se reproduzem sexuadamente, podendo representar a forma dominante em alguns animais. No processo reprodutivo, as “gônadas”⁹ desses indivíduos se desenvolverão no revestimento do intestino e, durante a reprodução, o macho liberará seus espermatozoides diretamente na água. Estes espermatozoides, por sua vez, nadarão até a boca da medusa fêmea, onde ocorrerá a fertilização. O desenvolvimento embrionário inicia-se no interior da fêmea e mais tarde surgem larvas planulares¹⁰ que, após vários dias, prendem-se a substratos (por exemplo, pedras, conchas, entre outros.) e gradualmente se transformam em novos pólipos. Os pólipos por sua vez, reproduzem-se assexuadamente, tanto por estrobilização quanto por brotamento. No brotamento, há o desenvolvimento de um broto na parede corporal do indivíduo que, posteriormente, destaca-se e posteriormente origina um novo pólipo; já na estrobilização – que é a forma reprodutiva dos pólipos durante a metagênese –, os pólipos fragmentam os seus ‘pés’ em numerosos segmentos, chamados éfiras ou efirulas (Fig. 6).

⁹ Essas estruturas não são consideradas como gônadas verdadeiras, pois não se tratam de órgãos, mas simples aglomerados de células sexuais.

¹⁰ Formas larvais achatadas, formadas a partir do óvulo fecundado de uma medusa.

Cada éfira se destaca, desenvolve-se e constitui-se depois em uma nova medusa, completando assim o ciclo de vida (MOORE, 2006).

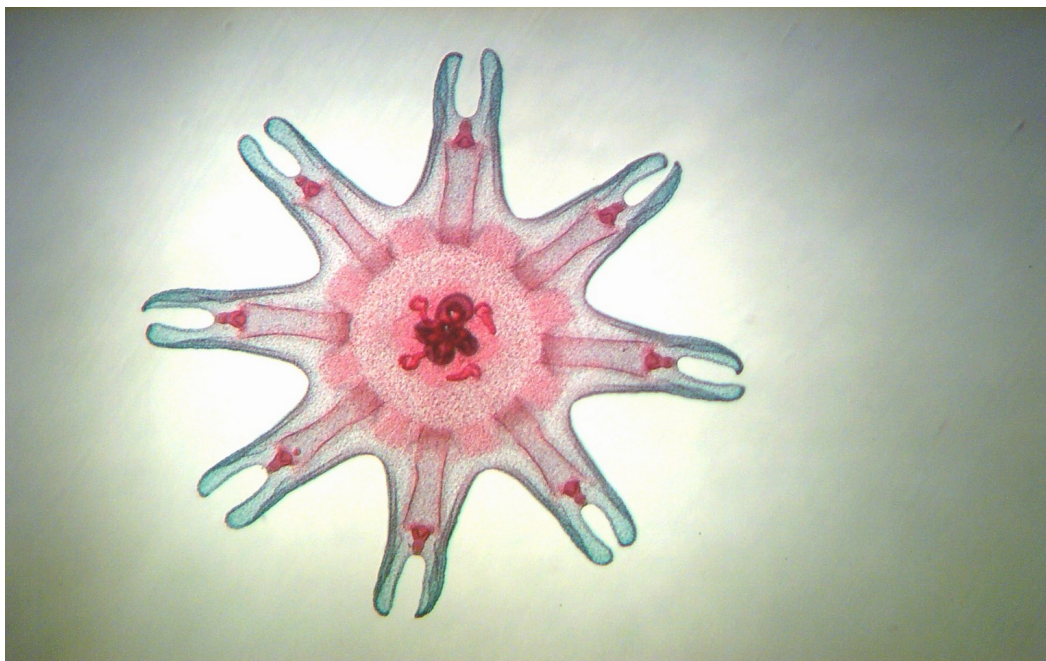


Figura 6 – Éfira da espécie *Aurelia aurita*

Fonte: csusb.edu, 2009

A reprodução será abordada com maior profundidade no próximo capítulo, pois cada classe de cnidário possui sua especificidade e o trabalho almeja ater-se somente no que diz respeito ao objeto desta pesquisa.

1.7 CLASSIFICAÇÃO DOS CNIDARIOS

Os cnidários são divididos em quatro grupos principais: *Anthozoa*, *Cubozoa*, *Scyphozoa* e *Hydrozoa*.

1.7.1 *Anthozoa*

Os principais representantes desta classe são as anêmonas-do-mar e os corais. Como já foi apresentado, os membros da classe *Anthozoa* apresentam apenas a forma polipoide em seus ciclos de vida, contudo, estes são bem diferentes dos pólipos das demais classes (RUPERT & BARNES, 2005).

A classe *Anthozoa* é a maior das classes do filo *Cnidaria*, contendo mais de 6000 representantes (BRUSCA, 2003). Observe um de seus representantes abaixo:



Figura 7 – Exemplo de integrante do *Anthozoa*, a anêmona-do mar

Fonte: www.petfriends.com.br

1.7.2 *Cubozoa*

Nos cubozoários predomina a forma medusóide. A medusa destes animais é relativamente compacta e lembra um guarda-chuva em forma cúbica (AMABIS & MARTHO, 2004).

Os cubozoários possuem toxinas fortes em seus cnidoblastos, o que faz com o que os mesmos sejam perigosos não só para suas presas, como também para banhistas (MOORE, 2006). Como exemplo, temos a figura 8:

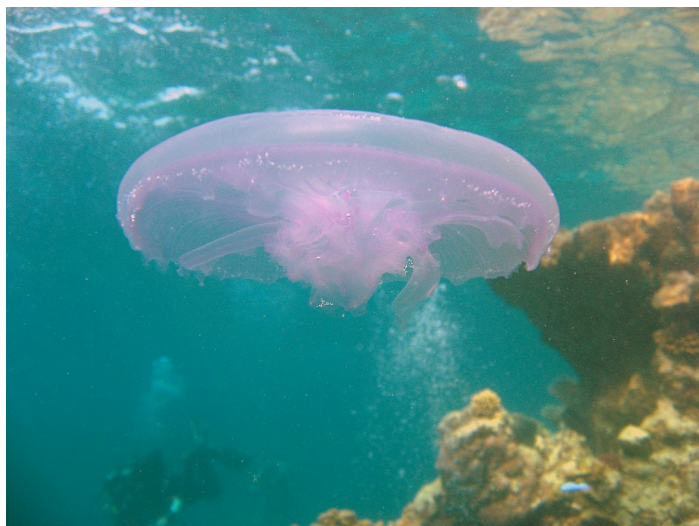


Figura 8– Representante da classe *Cubozoa*, a espécie *Tamoya gargantua*

Fonte: www.redsea.dive.ru

1.7.3 *Scyphozoa*

Assim como nos cubozoários, a forma medusoide é predominante. As medusas destes animais são sexuadas e na maioria das vezes dioica, enquanto que os pólipos são apenas um estágio sésil, de pequeno porte (BRUSCA, 2003). Os cnidários desta classe e da *Cubozoa* são os mais referidos como águas-vivas e possuem uma coloração bastante forte (RUPERT & BARNES, 2005). Analise a imagem:



Figura 9 – *Aurelia aurita*, também conhecida como medusa-da-lua, membro da classe *Scyphozoa*.

Fonte: ciesm.org

1.7.4 *Hydrozoa*

São animais que podem viver em água doce também. A forma polipoide é predominante entre esses animais. Na maioria das espécies, as medusas são geradas assexuadamente e possuem pouco tempo de vida. Seu principal representante é a hidra, apresentada na imagem abaixo, e a classe possui cerca de 2700 representantes (BRUSCA, 2003).



Figura 10: Hidra, a mais famosa representante da classe *Hydrozoa*

Fonte: nilesbio.com

CAPÍTULO II – CLASSE *HYDROZOA*

A classe *Hydrozoa* reúne em torno de 2700 espécies que, devido ao seu pequeno tamanho, são comumente confundidas com plantas; além disso, possui indivíduos capazes de viver em água doce, tal como as hidras e algumas águas-vivas (LUTZ, 1986). Os animais pertencentes a essa classe podem exibir forma polipóide ou medusóide, enquanto que algumas espécies incorporam as duas estruturas aos seus ciclos de vida (BRUSCA, 2003).

2.1 ESTRUTURAS

2.1.1 Estruturas Polipóides

A forma preponderante no ciclo vital dos hidrozoários é a polipóide, entretanto, na maioria dos casos, este estágio manifesta-se sob a forma colonial, na qual os pólipos conectam-se uns aos outros, o que constitui uma colônia hidroide. Enquanto que o tamanho das colônias hidroide varia entre 5 a 15 cm, os pólipos individuais são bastante menores, sendo, por diversas vezes, imperceptíveis ao olho nu (PECHENICK, 2005).

Pelo fato das características dos pólipos solitários estarem inscritas nas características das formas coloniais, salvo algumas exceções, discutir-se-á as peculiaridades das formas coloniais.

2.1.1.1 *Formas Coloniais*

De forma a promover uma maior compreensão dos elementos que serão abordados ao longo deste trabalho, desde já se faz necessário o conhecimento de determinados termos pertinentes à classe *Hydrozoa*, como hidrocaule, referente à vergôntea¹¹ do pólipo; hidrante, que diz respeito à extremidade oral polipóide e zooide, que indica os tipos funcionais na colônia (SCHUCHERT, 2001).

As colônias hidróides são as grandes responsáveis pelo poliformismo das formas polipóides, apresentando, na maioria das vezes, minimamente dois tipos distintos de membros estrutural e funcional. Os tipos mais numerosos na colônia são os gastrozoides, possuidores de tentáculos e boca, que, ao capturarem e ingerirem suas presas, nutrem toda a colônia (HYMAN, 1940). Há também outros tipos de zoides, como dactilozoides, que são pólipos defensivos especiais¹², detentores de cnidócitos e células adesivas. Os dactilozóides localizam-se ao redor dos gastrozoides, podendo também desempenhar a função de captura

¹¹ Haste.

¹² Na maioria das colônias o próprio gastrozóide cumpre a função de pólipo defensivo.

das presas. Os gonozooides, pólipos comumente menores, sem boca e tentáculos, são os indivíduos reprodutores (BOUILLON et BOERO, 2000). Os gonozooides são capazes de produzir gonóforos, termo referente às hidromedusas, portadoras de “gônadas”. Os gonóforos, no entanto, também podem surgir a partir do corpo ou da haste de um gastrozoóide, da hidrorriza, ou até mesmo do hidrocaule.

Nos organismos coloniais, há uma espécie de cilindro quitinoso que envolve a maioria dos indivíduos, conhecido como perissarco. Esta estrutura não é viva e age na sustentação do pólipo, podendo isolar-se no hidrocaule ou, como é de praxe, obstruir o próprio hidrante, dando origem a um envoltório denominado hidroteca. Os hidroides que possuem hidroteca envolvendo o próprio pólipo são conhecidos como tecados, ao passo que os que não a possuem são chamados de atecados¹³ (BOUILLON, 1985).

As colônias hidroides ramificadas podem crescer por duas formas distintas: por crescimento monopodial e por crescimento simpodial¹⁴. No crescimento monopodial, primeiramente o pólipo alongar-se-á a partir da extremidade periférica do hidrocaule, podendo até perder seu hidrante e existir somente como um talo (BRUSCA, 2003). Esse pólipo primário dará origem a pólipos secundários por brotamento lateral, e estes, por sua vez, repetirão o processo, formando pólipos terciários. Nas colônias¹⁵ que se desenvolvem por crescimento simpodial, os pólipos primários não continuam a alongar-se, mas produzem outros pólipos por brotamento e então param de crescer. Os novos pólipos estendem a colônia para cima, e então param de crescer, dando espaço para que outros pólipos, também formados por brotamento, possam surgir (BOUILLON et al, 2004).

¹³ Os pólipos solitários, assim como as hidras, não possuem tal exoesqueleto, sendo, portanto, atecados.

¹⁴ Estes dois termos são próprios da botânica, e dizem respeito ao crescimento de plantas que se reproduzem por brotamento. Esta semelhança entre esses dois grupos de indivíduos é o que muitas vezes ocasiona o equívoco na identificação destes indivíduos pelas pessoas, como já foi comentado no início do capítulo.

¹⁵ Nessas colônias, a haste principal configura o hidrocaule combinado de muitos pólipos, cujas idades aumentam das extremidades dos ramos coloniais até as bases (SCHUCHERT, 2001).

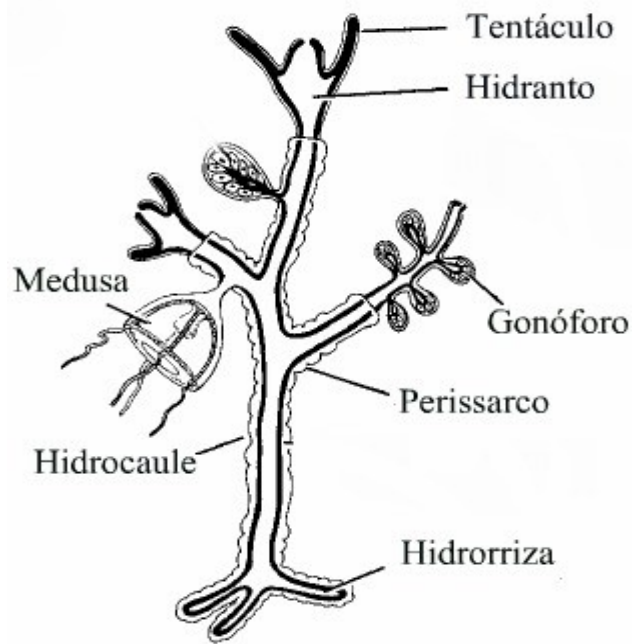


Figura 11: Esquema de uma colônia hidróide atecada

Fonte: BRUSCA, 2003 adaptado

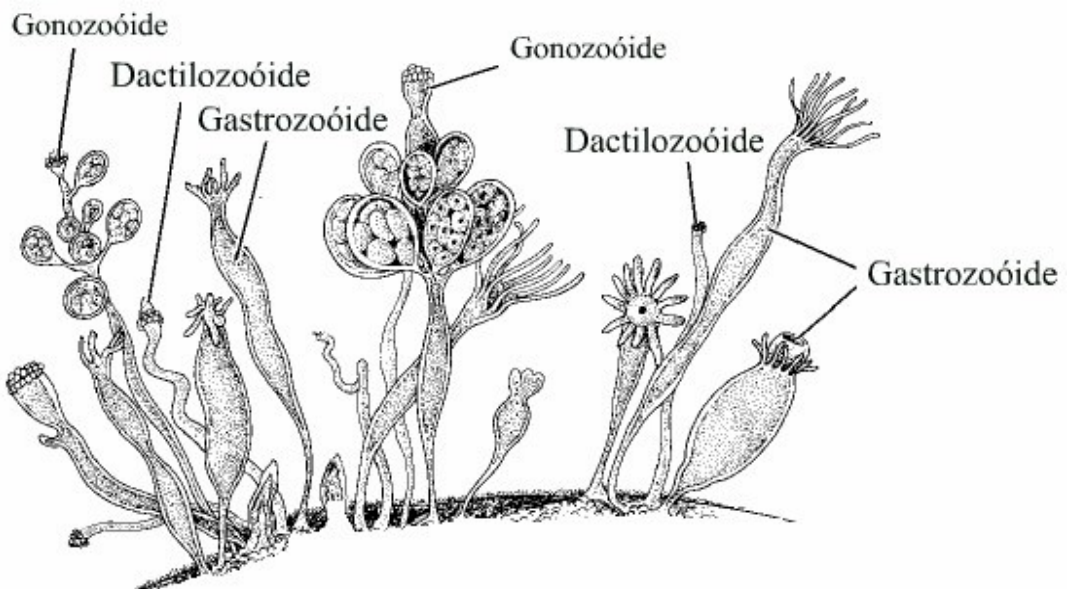


Figura 12: Ilustração de uma *Hydractina*, colônia hidróide comensal

Fonte: BRUSCA, 2003 adaptado

2.1.2 Estruturas Medusóides ou Hidromedusas

As medusas da classe *Hydrozoa*, também conhecidas como hidromedusas, possuem diâmetro entre 0,5 a 6 cm e tem a margem do sino projetada para dentro, formando uma plataforma conhecida como ‘vela’¹⁶, comum à maioria destas medusas. A boca destes animais abre-se na extremidade do manúbrio e leva a um estômago central, do qual se alastram frequentemente quatro canais radiais¹⁷, comumente revestidos pela gastroderme e unidos a um canal anelar, situado na periferia da umbrela (RUPERT & BARNES, 2005).

As hidromedusas possuem em sua mesogleia fibras elásticas ao invés de células, e têm maior desenvolvimento muscular em torno da margem do “guarda-chuva”, na qual as fibras contráteis da epiderme são ordenadas em forma de estratos estriados circulares e radiais (LUTZ, 1986).

Nas medusas hidroides, o sistema nervoso é profundamente mais especializado do que os dos indivíduos polipóides. Na medusa, encontram-se anéis constituídos por células nervosas que se conectarão nas fibras nervosas presentes nos tentáculos, nos órgãos sensoriais e na musculatura. Além dessa rede nervosa espalhada pela margem do sino, observa-se ainda a presença de órgãos sensoriais legítimos, sendo estes os ocelos e os estatocistos (MARQUES & COLLINS, 2004).

Os ocelos são uma espécie de olhos primitivos, também existente em platelmintos e alguns insetos, formado por um amontoado de células fotorreceptoras, sendo, por esta razão, sensíveis à luz, mas incapazes de formar imagens (LUTZ, 1986). Os estatocistos, por sua vez, correspondem a órgãos de equilíbrio, sensíveis a alterações na força da gravidade. Situando-se ao redor da borda corporal das medusas, os estatocistos são muito importantes para determinar a direção do movimento desses animais através da água (VAN KLEEF et al, 2008).

Por fim, as medusas, sendo carnívoras, ingerem animais planctônicos e pequenos peixes que são envenenados ao entrarem em contato com seus tentáculos.

¹⁶ A vela trabalhará reduzindo a fenda da subumbrela e, conseqüentemente, aumentando a potência dos jatos d’água durante a contração muscular destes animais (LUTZ, 1986).

¹⁷ Arranjos da cavidade intestinal.

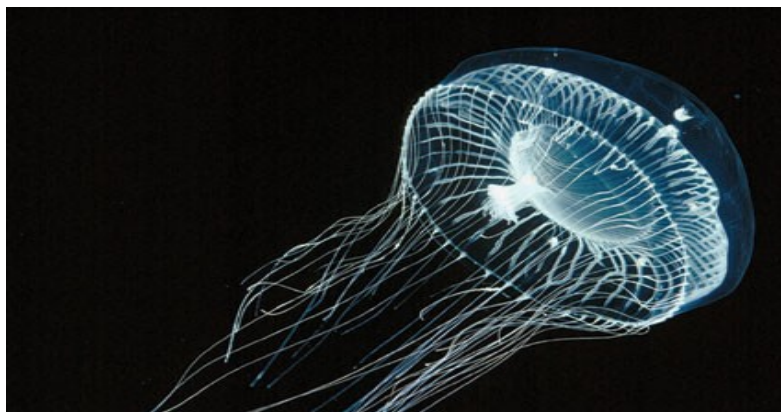


Figura 13 – Exemplo de hidromedusa, a *Aequorea victoria*, capaz de emitir luz azul pelas reações químicas do cálcio em seu organismo

Fonte: softmedia.com

2.2 REPRODUÇÃO E CICLO DE VIDA

Os hidrozoários podem ser hermafroditas ou dióicos. Os pólipos se reproduzem assexuadamente por brotamento, processo já explicado durante o texto. Os gonóforos também são produzidos por uma espécie de brotamento, contudo, no caso destes animais, o processo é bem mais complexo. As medusas também podem ser produzidas por estrobilização, mas no caso da classe *Hydrozoa* isso é mais raro, visto que a grande maioria das medusas formadas permanece presa¹⁸ à colônia, passando a ser conhecida como esporossaco (MOKADY & BUSS, 1996).

Algumas hidromedusas também podem reproduzir-se assexuadamente, seja por brotamento ou por fissão longitudinal. Este último procedimento geralmente envolve a formação de múltiplas ‘bolsas gástricas’, que em seguida sofrerão ruptura e originarão duas medusas filhas. Todas as hidromedusas reproduzem-se sexuadamente, produzindo seus gametas a partir das aglomerações de células intersticiais na epiderme (BRUSCA, 2003).

¹⁸ Apesar de presa, a medusa não perde sua capacidade sexual.

A fertilização pode ser externa, interna, ou na superfície do manúbrio. Os gametas podem ser lançados diretamente na água, ou, como ocorre algumas vezes, apenas os espermatozóides são lançados, enquanto que os óvulos permanecem no corpo da fêmea, onde ocorrerá a fertilização. A clivagem¹⁹ é completa e dá origem a uma blástula²⁰, que geralmente produz, posteriormente, uma estereogástrula²¹ (MIGOTTO & ANDRADE, 2000). A estereogástrula então formada passa a se alongar até se tornar uma larva planular ciliada livre-natante que, após um período que varia de horas a dias, prender-se-á a um substrato, dando origem a uma colônia hidroide (BOUILLON & BOERO, 2000). Confira o esquema abaixo:

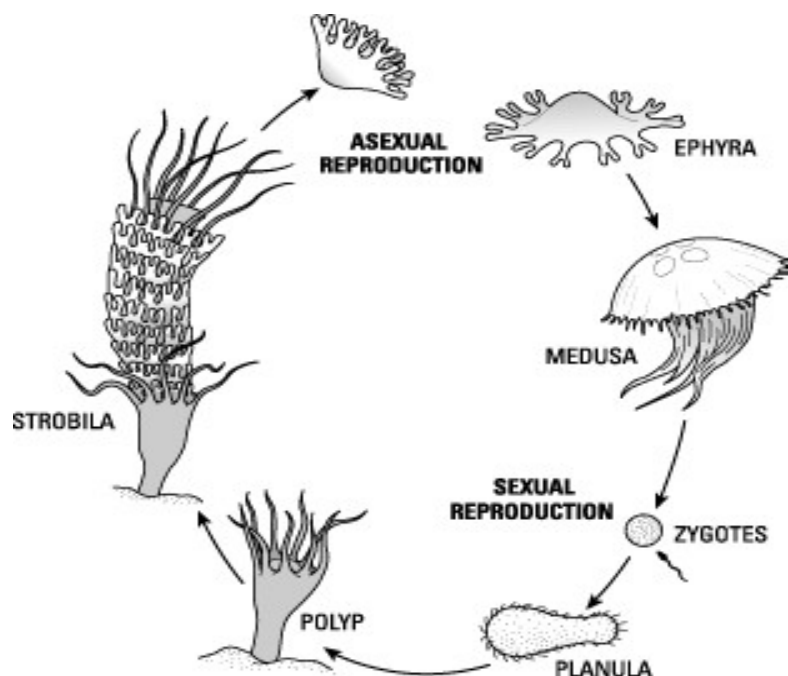


Figura 14 – Esquema reprodutivo de um hidrozoário com alternância de gerações
Fonte: biocnidaria.blogspot.com

A temperatura da água e as estações do ano influenciam bastante no aparecimento de colônias hidroides e hidromedusas, cujo período de vida varia de poucos dias a vários meses. Essa noção de expectativa de vida, no entanto, será quebrada no capítulo seguinte (RUPERT & BARNES, 2005).

¹⁹ Divisão celular equacional no início do processo embrionário, responsável pelo embrião ser multicelular.

²⁰ Nos metazoários, corresponde ao segundo estado de desenvolvimento do embrião.

²¹ Gástrula, terceiro estado do desenvolvimento embrionário, sem cavidade.

2.3 REGENERAÇÃO NA CLASSE HYDROZOA

Estudos datados desde o fim do século XIX, com Florence Peble (PEEBLE, 1897), vêm demonstrando o potencial regenerativo próprio da classe *Hydrozoa*; entretanto, a maioria dos dados se restringe a determinados gêneros, a saber: *Hydra*, *Tubularia*, *Cordylophora*, *Corymorpha*, *Campanularia* e *Pennaria*.

Algumas das particularidades anatômicas e fisiológicas exibidas pelos hidrozoários têm sido enfatizadas como base para suas notáveis habilidades morfo-genéticas, como a relativa simplicidade estrutural do pólipo comparada aos órgãos de animais superiores (PECHENICK, 2005). Além disso, as funções vitais são distribuídas por um número muito pequeno de tipos de células, que têm retido, durante sua diferenciação, um padrão relativamente alto de autonomia fisiológica e adaptabilidade. Essas células somáticas são então submetidas ao envelhecimento natural, compensada por uma atividade de substituição que pode ser contínua ou periódica (TARDENT, 2008).

O processo regenerativo nos hidrozoários não é apenas uma resposta a algum tipo de dano tecidual. Ele integra o ciclo de vida desses animais, estando presente na reprodução sexual, ou assexual, como também no crescimento natural. Este ciclo de regressão-reposição, além de servir para outras funções, constitui um mecanismo pelo qual a colônia periodicamente rejuvenesce seus órgãos terminais, uma vez que não há troca regular de células entre estes e a colônia hidróide (MÜLLER, 1996).

2.4 EVOLUÇÃO DOS HIDROZOÁRIOS

Apesar da diversidade eminente dos hidrozoários, confirmada pela complexidade de seus ciclos de vida, ser uma curiosidade humana de séculos, apenas há pouco tempo a ciência proveu equipamentos para que a análise filogenética destes animais fosse exequível.

Em 1886, o zoólogo americano William Keith Brooks desenvolveu uma teoria evolutiva para os cnidários que até hoje é utilizada. Segundo o zoólogo, o cnidário ancestral era medusóide, fato esse que se apóia na frequente omissão do estágio de medusa por alguns hidrozoários, chegando a desaparecer completamente em alguns organismos, como a *Hydra* (WADE, 1972).

Os hidrozoários são formas únicas entre os metazoários, na qual suas partes componentes são relativamente simples: duas camadas de células epiteliais, diversos tipos de células e uma anatomia interna pouco heterogênea. Dada essa simplicidade, está mais do que comprovado que os hidrozoários alcançaram uma diversidade singular em seus ciclos de vida,

ainda que esta mesma simplicidade seja apontada como a principal razão da complexidade de seus padrões evolucionários (BRUSCA, 2003).

Ainda assim, para desvendar este paradoxo entre simplicidade morfológica e estratégias ambientais complexas, faz-se necessário conhecer o controle genético por detrás desses padrões evolutivos deveras confusos.

CAPÍTULO III – *Turritopsis nutricula*

Este capítulo, nomeado com o objeto da pesquisa, trata de avaliar as transformações sofridas pelo hidrozoário *Turritopsis nutricula* durante seu processo de ontogenia reversa²², que diz respeito à transformação de organismos maduros (estágio medusóide) em organismos imaturos (estágio polipóide) sob determinadas condições. Por não haver muita literatura científica a respeito do tema, conceitos e discussões que elucidem ocorrência tão singular num ser vivo serão constantemente trazidos ao texto.

3.1 PREDECESSORES NA ONTOGENIA REVERSA

Antes da análise deste processo na espécie *Turritopsis nutricula*, deve-se destacar que esta não representa o único caso conhecido de ontogenia reversa. Estudos laboratoriais constataram que as espécies *Eleutheria dichotoma* (HAUENSCHILD, 1956), *Cladonema uchidai* (KAKINUMA, 1969) e *Podocoryne carnea* (SCHMID, 1972) também podiam produzir pólipos a partir de brotos de medusa.

Em muitas espécies de hidrozoários, o ritmo do ciclo vital pode ser alterado em determinados estágios, nos quais ambos pólipos e larva planular podem encolher-se em formas de baixo custo metabólico a fim de sobreviverem a períodos críticos. Contudo, essa reversão só é possível no início de seus desenvolvimentos, uma vez que se tornam incapazes de realizar tal procedimento ao alcançar suas respectivas maturidades sexuais (BRUSCA, 2003).

3.2 DESVENDANDO A ESPÉCIE

A espécie *Turritopsis nutricula*, família *Oceaniidae*, ordem *Anthoathecata*, como já foi dito, é um hidrozoário capaz de reverter-se para um estágio sexualmente imaturo, após ter alcançado a maturidade sexual. Em virtude de esse processo poder ocorrer indefinidas vezes, a espécie é aclamada como virtualmente imortal²³, sendo afirmada por alguns autores (PIRAINO et al, 1996) como o único metazoário conhecido detentor de tal capacidade. Como a maioria das medusas hidroides, a espécie se alimenta de componentes do zooplâncton.

3.2.1 Descrição

²² Também conhecida por ontogênese, ou morfogênese, a ontogenia diz respeito à origem e ao desenvolvimento de um organismo. No caso da espécie *Turritopsis nutricula*, há também um processo de ontogenia reversa, ou seja, a transformação em sentido contrário, do organismo já desenvolvido voltando a estágios anteriores.

²³ A espécie não é de fato imortal, podendo morrer quando predada ou destruída.

A umbrela do indivíduo, que varia de 4 a 5 mm na fase adulta²⁴ – tanto em altura quanto em largura –, possui forma de sino, com mesogleia uniformemente fina e vela ampla. O organismo possui um manúbrio em forma de cruz, extenso e avermelhado, contendo células vacuolizadas do endoderma, enquanto que a boca constitui-se de quatro lábios simples, compreendendo cadeias sésseis de nematocistos por toda a margem. Como a maioria das hidromedusas, possui quatro canais radiais e um amplo canal anelar. As gônadas do animal organizam-se em quatro pares, ocorrendo dentro do próprio manúbrio, ou na cavidade da subumbrela, o desenvolvimento da larva planular. As medusas recém-liberadas possuem cerca de oito tentáculos, mas podem atingir até noventa em estágios superiores (MCCRADY, 1857). Observe na imagem abaixo um exemplo da espécie.

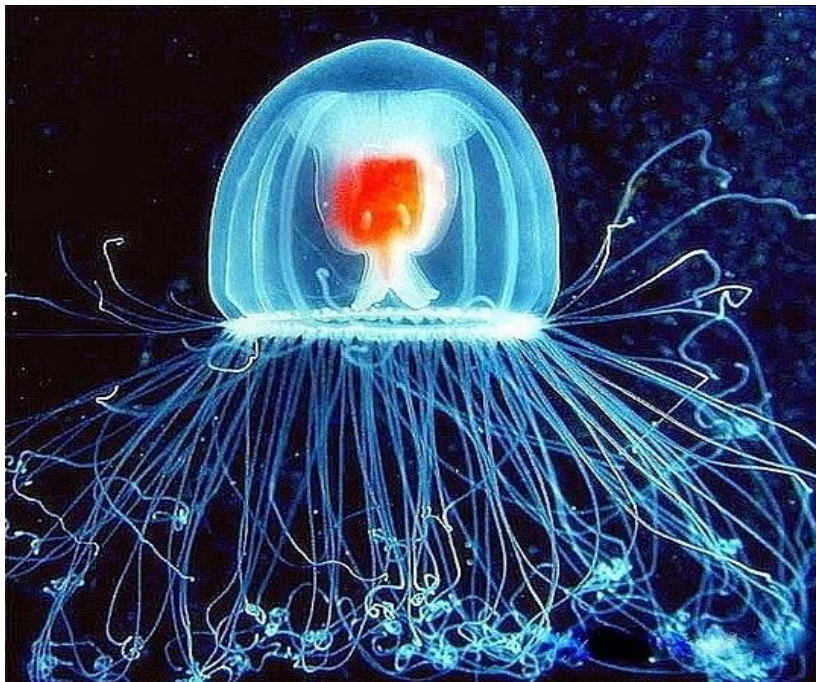


Figura 15 – *Turritopsis nutricula*. Repare que, pela sua grande quantidade de tentáculos, a medusa é adulta

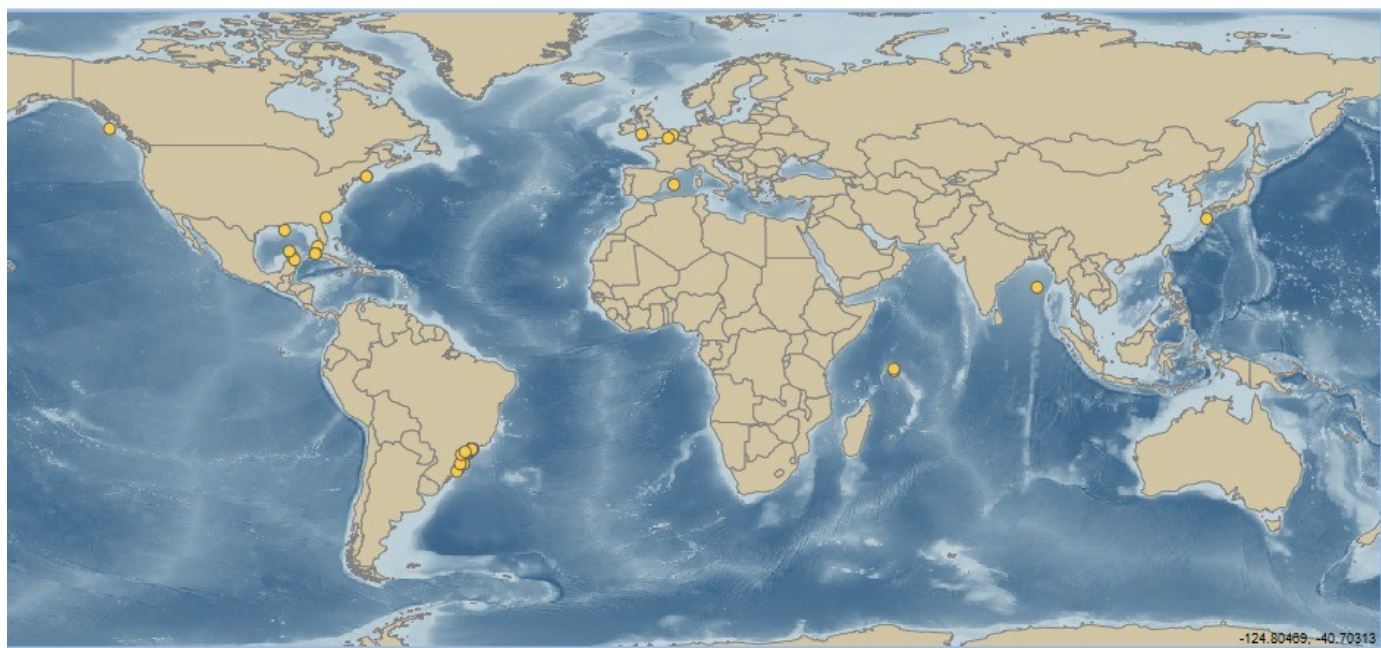
Fonte: eratian. wordpress

3.2.2 Origem e Distribuição

²⁴ Inicialmente a umbrela possui cerca de 1 mm

A maioria dos estudiosos da espécie defende que o animal surgiu no Caribe (ex.: MIGLIETTA, 2009; HONGBAO, 2009), mas que, por conta de sua dispersão²⁵, encontra-se por todo o mundo. O mapa a seguir ilustra os pontos onde há maior ocorrência da espécie:

Figura 16 – Mapa de distribuição da espécie pelo globo. Os pequenos círculos indicam os espaços de maior concentração. Note que esta espécie é mais encontrada no hemisfério norte



Fonte : iobis.org

3.3 CICLO DE VIDA

Como já foi apresentado, os ciclos de vida básicos das hidromedusas envolvem uma medusa adulta e sexualmente madura produzindo uma larva planular que, por sua vez, dará origem a um pólipo. A medusa e o pólipo não possuem apenas diferenças anatômicas e estruturais. Diferenças consideráveis entre seus conjuntos de células somáticas, padrões de proteína expressos e impressões genéticas sugerem que a regressão da hidromedusa à fase polipóide envolva procedimentos como a substituição de tipos celulares, além regeneração e reorganização tecidual (BOUILLON & BOERO, 2000).

3.3.1 A Experiência de Bavestrello²⁶

O estudo inaugural sobre o ciclo de vida da espécie *Turritopsis nutricula* data de 1992, com “Bi- directional conversion in *Turritopsis nutricula* (Hydrozoa)”²⁷ (BAVESTRELLO et al, 1992). Neste ensaio, colônias da espécie foram coletadas e mantidas por vários dias em

²⁵ A dispersão será mais bem discutida no capítulo seguinte, que abordará o impacto ambiental da espécie.

²⁶ Giorgio Bavestrello, líder da pesquisa mencionada.

²⁷ “Conversão Bidirecional na *Turritopsis nutricula* (Hydrozoa).

uma placa de petri e alimentadas com larvas de crustáceo. Como resultados deste projeto, constatou-se que estresses do meio-ambiente podem ativar grupos de genes que foram desativados durante a ontogenia, e que as medusas da espécie podem regressar à fase polipoide estando em qualquer estágio de suas vidas.

3.3.2 Estudos Posteriores

Quatro anos após este estudo inaugural, Ferdinando Boero e sua equipe testaram os resultados constatados por Bavestrello e chegaram a novas conclusões. Neste novo projeto, também exercido em laboratório, foram utilizadas cerca de 4000 medusas, separadas em grupos de 100 indivíduos e mantidas numa temperatura de 20° C até o amadurecimento de suas 'gônadas'. As medusas, tal qual na experiência de 1992, foram alimentadas com pequenos crustáceos. Nestas condições, foram geradas medusas com 1 mm de diâmetro e 8 tentáculos²⁸ (PIRAINO et al, 1996).

A fim de testar a transformação destas medusas em estolhos ou pólipos, a equipe submeteu grupos de indivíduos a diversos tipos de estresse, a saber: fome, alteração súbita da temperatura da água, redução da salinidade, lesões mecânicas e até mesmo a própria senescência²⁹ (BOUILLON & BOERO, 2000). Como produto desta experiência, todas as medusas imaturas, após apresentarem um estado de cisto, transformaram-se em estolhos e pólipos, comprovando, como Bavestrello havia indicado, que o estresse induz esses organismos a retrocederem.

²⁸ Estes dados correspondem às medusas recém-liberadas. O estudo demonstrou que a maturidade sexual das hidromedusas era alcançada em torno de 25 a 30 dias, mantidas as condições ambientais da amostra. Além disso, nas condições do trabalho, não foram observadas medusas com número de tentáculos superior a 16.

²⁹ Processo natural de envelhecimento celular.

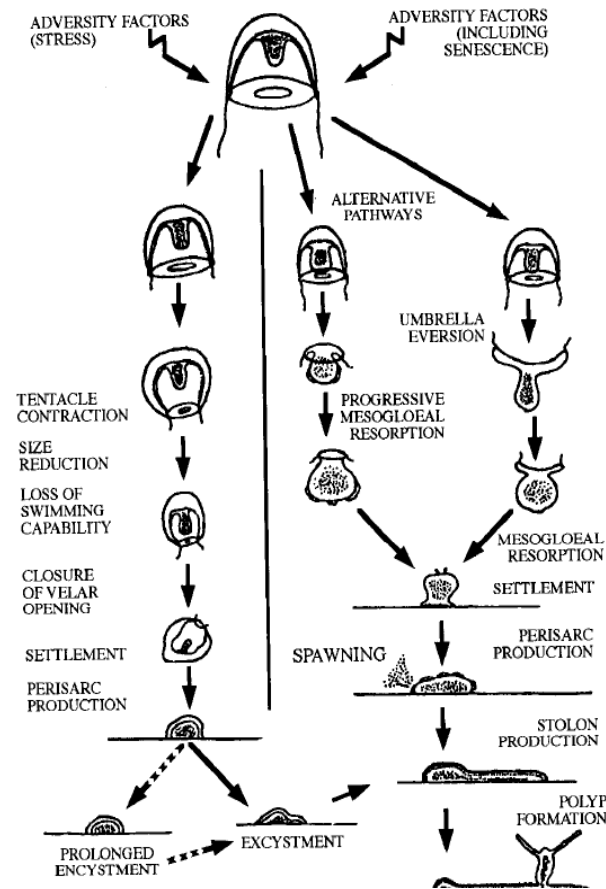


Figura 27 – Esquema do ciclo de vida da espécie *Turritopsis nutricula* durante a reversão, como apresentado no texto.

Fonte: PIRAINO et al, 2006 adaptado.

Com os estudos então feitos e a recente contribuição de outros especialistas (por exemplo, PIRAINO, 2004), esquematizou-se o caminho de regressão das formas medusoides às polípides da seguinte forma: a medusa vai aumentando o seu manúbrio e invertendo³⁰ o seu corpo, ao passo que os tentáculos e a mesogleia vão desaparecendo. Quando a medusa que realiza esse processo já atingiu a maturidade sexual, ela prende-se a um substrato pela exumbrela do sino, ocorrendo a desova, em geral, pouco tempo mais tarde (BOERO et al, 1998). Em breve, observar-se-á a formação de uma camada de perissarco e o aparecimento de estolhos no local onde a medusa se fixara. Se a medusa que realiza o processo ainda não é sexualmente madura, esta se transformará num cisto, que será coberto por um perissarco, formando estolhos em cerca de três dias. Depois do desenvolvimento dos estolhos, em cerca de dois dias surgem novos pólipos.

³⁰ Ou recolhendo.

Acredita-se que este ciclo vital atípico da espécie funcione como uma estratégia adaptativa, uma vez que as duas formas em geral ocupam nichos distintos e tem necessidades ambientais diferentes. Apesar das transformações narradas só haverem sido observadas em laboratório, acredita-se que, pela reversão ser um fenômeno natural, ela também ocorra nos oceanos da mesma forma (BAVESTRELLO et al, 1992).

3.4 ESTÁGIOS MEDUSÓIDES DURANTE O CICLO DE VIDA INVERSO

Com o auxílio de um estereoscópio³¹, foram distinguidos quatro estágios durante o ciclo de vida inverso da *Turritopsis nutricula* (figura 19), nomeados de ‘medusa saudável’, ‘medusa doente’, ‘trevo de quatro folhas’ e ‘cisto’³² (CARLA et al, 2003).

3.4.1 Medusa Saudável

A medusa saudável possui forma de sino, com longos tentáculos e é capaz de nadar ativamente. Durante esta fase, percebe-se uma cavidade subumbrelar ampla, com um manúbrio central. A umbrela é determinada externamente por uma camada ectodérmica, constituída por células planas interconectadas por pequenas protuberâncias citoplasmáticas (CARLA et al, 2003).

O manúbrio neste estágio apresenta alta complexidade organizacional, contendo diversos tipos de célula, dentre estas, musculares e apoptóticas³³, principalmente (PIRAINO, 2004).

³¹ O estereoscópio é um instrumento óptico que permite ver efeitos de relevo em imagens planas, como fotografias e desenhos.

³² Nomes originais: healthy medusa, unhealthy medusa, four-leaf clover e cyst (CARLA et al, 2003).

³³ Células que realizam apoptose, a saber: “apoptose, ou morte celular programada, é um processo essencial para a manutenção do desenvolvimento dos seres vivos, sendo importante para eliminar células supérfluas ou defeituosas. Durante a apoptose, a célula sofre alterações morfológicas características desse tipo de morte celular. Tais alterações incluem a retração da célula, perda de aderência com a matriz extracelular e células vizinhas, condensação da cromatina, fragmentação internucleossômica do DNA e formação dos corpos apoptóticos.” (GRIVICICH, REGNER E ROCHA, 2007).

3.4.2 Medusa Doente

A medusa doente não é capaz de nadar, e mantém seus tentáculos retraídos; além disso, este estágio perde a transparência, própria da fase anterior. Durante esta etapa, não só os tentáculos, como também a cavidade subumbrelar são reduzidos (BOERO et al, 2005).

As células do manúbrio possuem muitos vacúolos largos, porém vazios. Ademais, algumas células mostram sinais claros de degeneração, enquanto que outras exibiram sinais claros de apoptose, apesar do número de células apoptóticas neste estágio ser bem menor comparado aos da medusa saudável (CARLA et al, 2003).

3.4.3 Trevo de Quatro Folhas

Este terceiro estágio é caracterizado pela ausência de tentáculos e pela redução da cavidade subumbrelar, que já demonstra diversos sinais de processos degenerativos, bem mais evidentes dos que os observados na fase anterior (CARLA et al, 2003).

Algumas das células da umbrela adquiriram forma arredondada, enquanto que outras foram altamente lesionadas. Em comparação com a medusa doente, a fase ‘trevo de quatro folhas’ apresenta uma taxa apoptótica maior, além de não apresentar modificações morfológicas em suas gônadas (PIRAINO, 2004).

3.4.4 Cisto

Este último estágio apresenta forma esférica e superfície lisa, sendo capaz de fixar-se em substratos e, rapidamente, dar origem a pólipos morfológicamente iguais àqueles gerados durante o ciclo de vida normal (BOERO et al, 2005)..

Perdendo todos os tentáculos e a cavidade subumbrelar, a camada celular externa é composta por principalmente dois tipos de célula, distribuídos de forma regular pela superfície do cisto (CARLA et al, 2003).

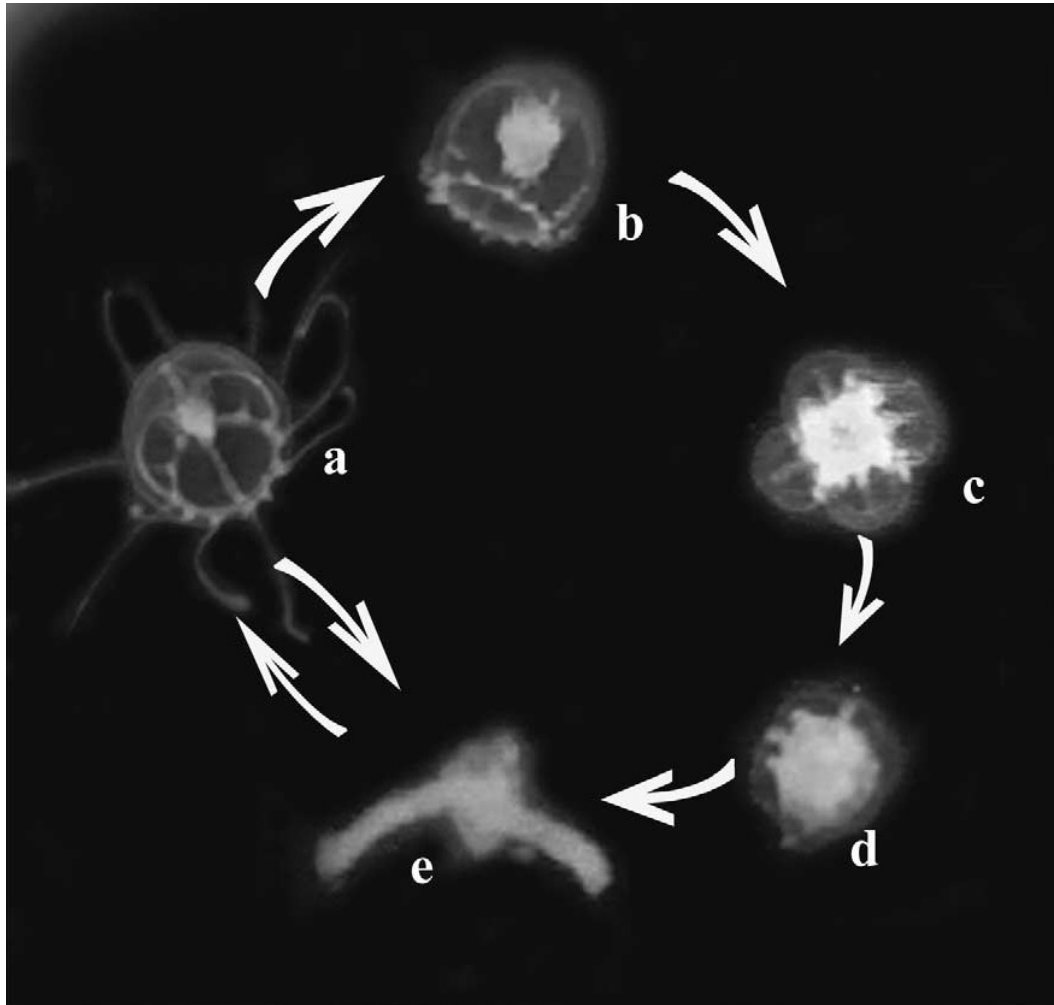


Figura 19 – (a) medusa saudável; (b) medusa doente; (c) trevo de quatro folhas; (d) cisto; (e) pólipo recém-formado, onde as setas duplas indicam o ponto da reversão do ciclo de vida

Fonte: CARLA, 2003

3.5 TRANSDIFERENCIAÇÃO: UM MECANISMO POUCO DESVENDADO

Transdiferenciação é a transformação estrutural e funcional de uma célula diferenciada em outra, podendo ocasionar a perda de um conjunto de características específicas, e o ganho da morfologia, ou até mesmo a função, de uma célula mãe (ALDER & SCHMID, 1987). Nas hidromedusas, a transdiferenciação é um fenômeno comum na reprodução assexual por brotamento e na regeneração, sendo mais potente quando há pouca, ou quando não há, células intersticiais.

Desde os estudos de 1996 (PIRAINO et al, 1996), o processo de transformação da medusa *Turritopsis nutricula* passou a ser explicado sob a égide da transdiferenciação, contudo, isto não pode ser afirmado com total certeza, já que tal mecanismo ainda está sendo

estudado. Segundo os estudiosos, é provável que todas as células somáticas da medusa degenerem-se, e que a produção de células do futuro pólipó se inicie por um conjunto de células de reserva indiferenciadas, não empenhadas de modo irreversível; um processo que se assemelharia à metamorfose (BOERO et al, 2002). Ou, como também consideram, é possível que as células da medusa se transdiferenciem e, dessa forma, produzam as células requisitadas pelo novo pólipó.

Estudos posteriores (CARLA et al, 2003; PIRAINO et al, 2004) adicionaram a essas suposições idéias de que a apoptose celular e a proliferação de células intersticiais pudessem contribuir para este processo, no entanto, pesquisas mais aprofundadas se fazem necessárias.

CAPÍTULO 4 – RELAÇÕES ECOLÓGICAS

Este último capítulo aborda o papel ecológico dos cnidários e expõe a questão ambiental envolvida na dispersão do organismo *Turritopsis nutricula* pelos oceanos, promovida majoritariamente pela água de lastro (MIGLIETTA, 2009).

4.1 EVOLUÇÃO E ECOLOGIA NOS CNIDARIOS

A evolução dos animais é frequentemente descrita pelo aparecimento de determinados mecanismos e organizações, tal como a multicelularidade, o surgimento de tecidos, de organismos triblásticos³⁴, celomas e simetria bilateral (PIRAINO et al, 2004).

Os cnidários são considerados como os primeiros animais a apresentar camadas teciduais, músculos e órgãos sensíveis, apesar de ainda apresentarem características primitivas, como a ausência de um cérebro verdadeiro e da mesoderme. Por conta desses atributos, além do fato de terem sido encontrados registros fósseis desses animais já no período Pré-cambriano³⁵, acredita-se que o *Cnidaria* – sob a luz da peramorfose³⁶ – represente um dos grupos ancestrais dos animais mais desenvolvidos, uma vez que organismos mais complexos descendem de outros mais simples (BOERO et al, 2005).

A partir disso, pode-se inferir que o filo tem uma importante função no que diz respeito a desvendar como e em quais condições se deu a evolução animal. Entretanto, as dimensões do papel dos cnidários vão muito além desta análise. É sabido que os recifes de coral, por exemplo, possuem uma importância ecológica similar a das florestas tropicais, em virtude de ambos os ecossistemas apresentarem grande diversidade biológica, teias alimentares complexas e trabalharem como importantes recicladores de nutrientes para sustentarem suas respectivas populações (LUGO et al, 2000). Contudo, é na predação que tal desempenho ecológico se observa com maior clareza.

4.1.1 Predação Dos Cnidários

Os cnidários, assim como os ctenóforos, são os maiores predadores do plâncton (PECHENICK, 2005). Apesar de esses animais não poderem alcançar o mesmo número de

³⁴O fato de no filo *Cnidaria* alguns pólipos diblásticos darem origem a medusas triblásticas faz crer que o enigma da passagem destes organismos mais singelos para os mais desenvolvidos pode encontrar-se na reprodução destes animais.

³⁵A mais antiga e longa das Eras Geológicas. Estende-se desde a formação da Terra, há aproximadamente 4,5 bilhões de anos, até 570 milhões de anos atrás.

³⁶Mudança filogenética na qual os indivíduos apresentam, em seus estágios iniciais, a morfologia adulta do seu ancestral (ARAÚJO, 2010).

suas presas, sob o risco de desequilíbrio ambiental, os predadores, de uma forma geral, são bastante importantes para a ecologia, uma vez que mantêm a biodiversidade em alta ao impedir que determinados competidores monopolizem a biomassa³⁷ adquirida pela predação (BARBOSA & CASTELLANOS, 2004).

Entre os biólogos parece haver um consenso quanto à preservação das ditas espécies-chave³⁸, uma vez que experimentos em campo comprovaram que a composição das comunidades biológicas é determinada pela existência, ou não, desta espécie (FINNERTY, 2003). Em ambientes onde a espécie-chave está ausente, observa-se majoritariamente uma diminuição da biodiversidade e o monopólio de uma ou poucas espécies, como já foi aludido no parágrafo anterior.

Segundo Stefano Piraino, a determinação de uma espécie-chave é feita por experiências em campo, a partir da retirada desta suposta espécie de sua comunidade biológica. Ainda que a retirada de algumas espécies de suas respectivas comunidades seja relativamente fácil (como a de ouriços-do-mar, por exemplo), parece ser impossível retirar as águas-vivas das comunidades planctônicas. Tal dificuldade se dá pelo fato das águas-vivas serem organismos usualmente raros e que adquirem grandes proporções subitamente. Esta explosão populacional repentina, apesar de ser vista por alguns estudiosos como uma estratégia desses animais para obter um maior proveito dos recursos disponíveis, acaba por prejudicar outros organismos que também dependem destes meios para a sua sobrevivência. Isso se explica pelo elevado número da população de águas-vivas estimular uma competição por alimento, dando a estas, em razão do seu número, certa vantagem sobre os outros competidores (BOERO et al, 1997).

4.1.2 Espécies-chave Entre As Águas-vivas

Além de provocar a escassez de recursos, outra alteração no meio causada por esses animais é referente aos modelos de pesca. Em razão das águas-vivas predarem larvas e ovos de peixe, torna-se um desafio traçar previsões de qual espécie conseguirá superar o seu predador em número e, desta forma, sobreviver às temporadas seguintes (BOERO et al, 2005).

Mesmo que seja possível traçar espécies-chave entre diversos animais, as águas-vivas são exceção. A impossibilidade de traçar espécies-chave entre estes indivíduos reside no fato

³⁷ Quantidade total de matéria viva num ecossistema.

³⁸ São espécies que desempenham um papel crítico na manutenção da estrutura de uma comunidade ecológica e cujo impacto é maior do que o esperado com base na sua abundância relativa. Essas espécies afetam muitos outros organismos em um ecossistema e ajudam a determinar os tipos e números de várias outras espécies em uma comunidade (BEGON et al, 2007).

de não haver instrumentos próprios da ecologia empírica capazes de capturá-los, preservá-los e, principalmente, identifica-los (NAWROCKI et al, 2010). Ainda assim, a importância do estudo destes organismos se torna evidente quando há surtos destes indivíduos, que não podem passar despercebidos pelos ecólogos.

4.2 ÁGUA DE LASTRO

Mais uma vez, acredita-se que a *Turritopsis nutricula* seja originária do Caribe, entretanto, como se pôde observar pela figura 16, esta espécie encontra-se completamente dispersa pelo globo. Tal dispersão se deve à intercessão do ser humano no ambiente marítimo, principalmente por meio da água de lastro dos navios.

Lastros são pesos colocados nos porões dos navios a fim de que eles adquiram estabilidade, podendo ser pedras, areia, ou até metal. Contudo, mais recentemente, os navios modernos passaram a adotar a água como recurso, constituindo o que chamamos de água de lastro (RAAYMAKERS, 2002). A água de lastro é uma estratégia que consiste na captura da água em torno do navio, de forma que esta preencha parcial, ou totalmente, os depósitos presentes nos cascos das naus. Este procedimento pode reverter-se, sendo a água despejada em regiões muitas vezes distantes da região na qual ela fora coletada. Este despejo, no entanto, provoca irrupções de diversas espécies marinhas em meios-ambientes distintos, que tendem a provocar problemas ambientais. A introdução de espécies marinhas ‘invasoras’ em novos meio-ambientes, aliada à poluição marinha, à superexploração de recursos vivos e à degradação dos ambientes aquáticos, constituem as principais ameaças aos oceanos mundiais (RAAYMAKERS, 2002).

Há inúmeras espécies capazes de invadirem os tanques dos navios e, deste modo, serem carregadas pelas águas de lastro: basta que sejam pequenas o suficiente. Este problema é agravado principalmente pela maioria das espécies marinhas apresentarem em seus ciclos de vida ao menos uma fase larval, bem menor comparada ao porte dos indivíduos adultos (MATHEICKAL & RAAYMAKERS, 2004). Ou seja, mesmo as espécies maiores, incapazes de adentrarem nos tanques, podem ser dissipadas enquanto estiverem em seus estágios iniciais.

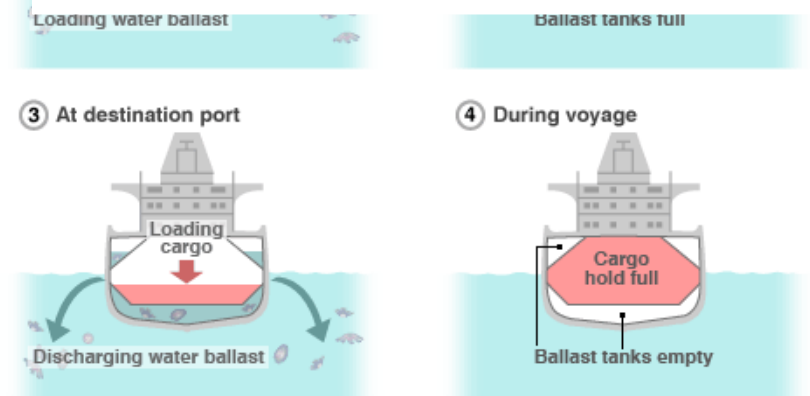
O ciclo das águas de lastro pode ser representado pelo seguinte esquema:

INCLUDEPICTURE "http://www.netpeckers.co.in/images/gallery/ballast/1.gif" *
 MERGEFORMATINET INCLUDEPICTURE
 "http://www.netpeckers.co.in/images/gallery/ballast/1.gif" * MERGEFORMATINET
 INCLUDEPICTURE "http://www.netpeckers.co.in/images/gallery/ballast/1.gif" *
 MERGEFORMATINET INCLUDEPICTURE
 "http://www.netpeckers.co.in/images/gallery/ballast/1.gif" * MERGEFORMATINET

BALLAST WATER CYCLE

Figura 20 – Em 1 observa-se o carregamento da água de lastro; em 2, verifica-se os tanques cheios; em 3, nota-se o despejo da água de lastro em uma região diferente da apresentada em 1, enquanto que em 4 enxerga-se os tanques de lastro vazios.

Fonte: Globallast



SOURCE: GloBallast

Por muitos anos os organismos marinhos foram espalhados espontaneamente – através das correntezas, por exemplo –, havendo obstáculos naturais para impedir que determinados indivíduos ocupassem certas áreas. Com essa disseminação artificial, no entanto, a

intervenção humana acaba por alterar os padrões biogeográficos que por tanto tempo perduraram (TAMELANDER et al, 2010).

4.2.1 *Turritopsis nutricula* e a Água de Lastro

Estudos recentes, como o trabalho desenvolvido por Maria Miglietta e Harilaos Lessios (2009), analisaram diversas espécies do gênero *Turritopsis* em regiões distantes e chegaram à conclusão de que suas composições genéticas são bastante próximas, o que demonstra a eficácia do gênero em dispersar-se pelos oceanos. A espécie *Turritopsis nutricula* foi compreendida por esses trabalhos, constatando-se que esta representa um dos poucos invertebrados capazes de dispersar-se em nível global.

A imortalidade virtual dos hidrozoários *Turritopsis nutricula*, no entanto, não confere um maior potencial na dispersão da espécie, uma vez que os indivíduos, ao sofrerem metamorfose, se transformam em organismos bentônicos, isto é, presos a um substrato. Portanto, pode-se inferir que tal diversidade de organismos *Turritopsis* se deve ao fluxo de genes ao redor do globo, sendo a água de lastro o principal aparato de disseminação destes animais (BOUILLON et al, 2006).

4.3 IMPACTOS DA DISPERSÃO DA ESPÉCIE *Turritopsis nutricula* SOBRE O PLÂNCTON

O crescimento indiscriminado do hidrozoário *Turritopsis nutricula* certamente traz diversos impactos ao meio-ambiente, especificamente sobre os organismos planctônicos. Todavia, uma apresentação prévia da importância desses animais é requerida.

O plâncton pode ser dividido em quatro grupos principais (YONEDA, 1999): fitoplâncton, zooplâncton, bacterioplâncton e protozooplâncton. De forma sintética, o fitoplâncton é representado pelas microalgas fotossintetizantes; o zooplâncton, por microcrustáceos; o bacterioplâncton, por procariontes autótrofos ou heterótrofos e o protozooplâncton por protozoários eucariontes, de vida livre. Há ainda o ictioplâncton, que corresponde aos ovos e larvas de animais com comportamento planctônico. Como a *Turritopsis nutricula* se alimenta do zooplâncton e este do fitoplâncton, o trabalho há de se ater nestes dois grupos específicos.

Fitoplânctons são organismos microscópios fotossintetizantes que flutuam nas camadas superficiais da água, sem muita capacidade de locomoção (ODUM, 2001). São produtores primários, responsáveis por formarem compostos orgânicos a partir do dióxido de carbono dissolvido em água, por meio da fotossíntese. Isso explica o porquê desses animais se

concentrarem nas superfícies iluminadas de mares, rios, lagos, ou qualquer outra porção considerável de água, um espaço conhecido como zona eufótica.

O papel ecológico do fitoplâncton, além, obviamente, do seu papel-chave na cadeia alimentar, é demonstrado pelo quantitativo de gás oxigênio produzido por esses animais, que ultrapassa a metade de todo o oxigênio produzido no planeta, acabando, desta maneira, com a crença de que as florestas tropicais são o pulmão do mundo (HENSON, 2010). A biodiversidade também é bastante presente no fitoplâncton. Segundo a Agência Espacial Norte-Americana (NASA, 2010), existem cerca de 5000 espécies presentes no grupo, e enquanto a maioria dos autótrofos terrestres são plantas, o fitoplâncton é bastante diverso, abrangendo também organismos protistas eucariontes e indivíduos procariontes – como as eubactérias e as arqueobactérias – em sua composição (BARBIERI & GODINHO-ORLANDI, 1989).

O termo zooplâncton, por sua vez, se refere à parcela heterotrófica de organismos planctônicos, que apesar de serem diversas vezes taxados de animais com pouca mobilidade, possuem representantes capazes de movimentar-se por extensos territórios, como os microcrustáceos (BARRET & ODUM, 2000). O zooplâncton marinho é composto por diversos filos de invertebrados, estando estes presentes por toda a vida, ou só durante suas fases larvais. A composição das espécies desse grupo e suas respectivas abundâncias podem ser alteradas em função de variações no meio, como temperatura, concentração de nutrientes e questões bióticas, podendo esses fatores atuar também como indicadores ecológicos (BARBIERI & GODINHO-ORLANDI, 1989).

O zooplâncton, assim como os demais grupos planctônicos, desenvolveram adaptações, tais como corpos planos, espinhos laterais, camadas oleosas, etc. a fim de habilitá-los para ocupar as camadas superficiais da água. Particularmente, os componentes do zooplâncton possuem certas adaptações para confundir seus predadores (pequenos peixes, majoritariamente), como, por exemplo, corpos transparentes - ou muito brilhantes - e gosto desagradável (EMILIANI, 1991).

Na ecologia, os membros do zooplâncton trabalham como importantes indicadores ambientais, assim como acontece no fitoplâncton. Alterações no quantitativo do grupo podem indicar sutis mudanças no meio-ambiente, referentes a fatores como temperatura, poluição, níveis nutricionais, dentre outros (DUSENBERY, 2009). No entanto, o papel ecológico do zooplâncton é ilustrado principalmente pelo seu comportamento como veículo transmissor de energia. Nesse sentido, estes animais transmitem a biomassa adquirida pela predação do

fitoplâncton para seus consumidores, e estes, por sua vez, transmitirão esta energia adquirida pelo consumo do zooplâncton para seus predadores, e assim sucessivamente.

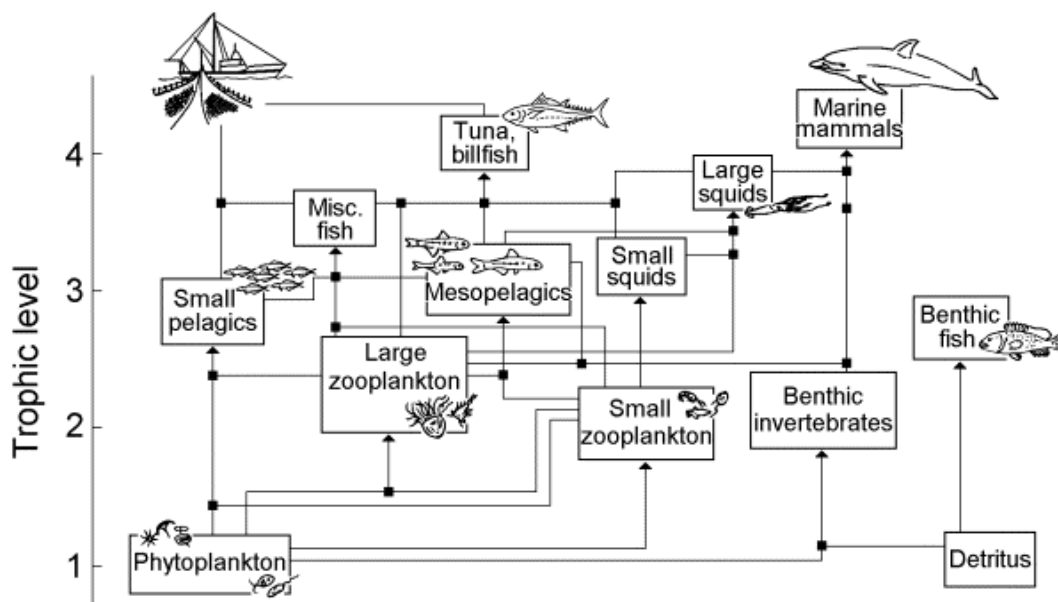


Figura 21 – Exemplo de teia alimentar, destacando os níveis tróficos. Repare que o barco, no noroeste da imagem, indica a interação do homem na teia alimentar.

Fonte: oceanworld.tamu.edu

Os indivíduos absorvem parte da energia daqueles que estes consomem, sendo a concentração de energia sempre maior nos níveis tróficos inferiores. As cadeias alimentares podem servir para ilustrar o fluxo de energia que se move de um nível trófico para outro, constituindo a chamada ‘pirâmide de energia’. Com relação à biomassa, em ambientes terrestres a energia transferida entre os níveis tróficos é proporcional à quantidade de biomassa que é deslocada. Todavia, nos ambientes marinhos, a pirâmide de biomassa pode se inverter. Isso se dá em função da biomassa dos consumidores ser maior do que a biomassa de produtores, uma vez que, como já foi aludido, os produtores primários dos oceanos são os fitoplânctons, que crescem e se reproduzem rapidamente. Assim, mesmo tendo pouca massa, os fitoplânctons possuem uma alta taxa de produção primária, diferentemente dos produtores terrestres, que crescem e reproduzem lentamente (FIELD et al, 1998).

Os consumidores em cada nível convertem, em média, cerca de 10% da energia química presente no seu alimento, sendo este último um produtor ou consumidor. Por esta razão, as cadeias alimentares raramente se estendem por mais de 5 ou 6 níveis. Nos níveis tróficos mais baixos, as plantas convertem cerca de um por cento da luz solar que recebem em

energia química. Segue-se daí que a energia total originalmente presentes na luz solar incidente que é finalmente incorporada em um consumidor terciário é de cerca de 0,001% (EMILIANI, 1991). O esquema a seguir ilustra o fluxo de energia em uma floresta de algas.

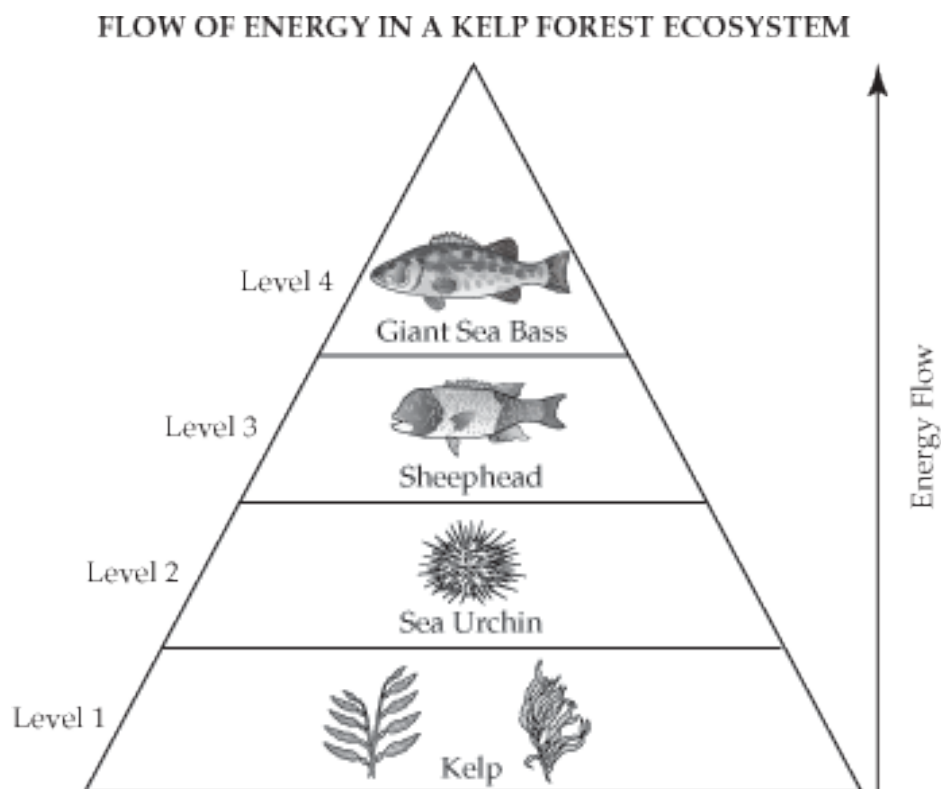


Figura 22 – Exemplo de pirâmide de energia.

Fonte:mdk12.org

Como já foi exposto, as hidromedusas, estando a *Turritopsis nutricula* inclusa, alimentam-se majoritariamente de zooplâncton. Contudo, sendo este hidrozoário virtualmente imortal, seu número certamente alcançará proporções gigantescas, tornando-se uma ameaça iminente não só para suas presas – que tendem a reduzir-se drasticamente –, como também para todos demais organismos que delas dependem, uma vez que ao diminuir a oferta do zooplâncton, haverá uma competição cada vez maior para a obtenção do mesmo. Com o consumo do zooplâncton reduzido pelos outros animais, a energia transferida para os demais níveis tróficos tende a reduzir-se também, gerando um “efeito-dominó” dentro das teias alimentares (DUSENBERY, 2009). Por outro lado, o consumo cada vez maior do zooplâncton tende por deixar a matéria orgânica gerada pelos produtores estagnada.

Outro fator considerável é o ambiente em que a *Turritopsis nutricula* se encontra. A literatura recente tem apontado que, dependendo do local, as medusas poderão apresentar variações morfológicas, como em seus tamanhos, ou em seus números de tentáculos

(MIGLIETTA & LESSIOS, 2007). Em virtude desse desenvolvimento, é possível que mais adiante observemos que outros animais podem compor a lista de presas destes organismos, acentuando ainda mais o perigo que esta espécie pode representar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de serem vistos como indivíduos simples e primitivos, foi dos cnidários que surgiu o primeiro organismo virtualmente imortal conhecido pelo homem, a *Turritopsis nutricula*. A imprensa não científica clama a *Turritopsis nutricula* como imortal, mas, como já foi constatado, esta espécie pode morrer caso predada ou destruída de alguma forma. Para cada medusa deste hidrozoário que rejuvenesce, uma nova colônia pode potencialmente originar-se, produzindo novos indivíduos idênticos à medusa mãe e, por consequência, aumentando consideravelmente o número de indivíduos da espécie.

Este amplo número de indivíduos aliado à capacidade da espécie de ‘evitar a morte’ já é uma preocupação para alguns ecólogos, que temem a saturação dos oceanos. Entretanto, como não se sabe há quanto tempo os organismos realizam tal processo e já que a saturação dos oceanos ainda não foi constatada, alguns cientistas acreditam que haja um mecanismo responsável por regular o crescimento populacional. Além disso, alguns cientistas compartilham a ideia de que a ontogenia reversa compõe uma estratégia desses animais para sobreviverem a períodos desfavoráveis.

Como já foi abordado, o desenvolvimento reverso pôde ser constatado em outros cnidários (por exemplo: *Eleutheria dichotoma* e *Podocoryne carnea*), o que sugere que, além de outros casos de ontogenia reversa poderem ser noticiados no futuro, o segredo deste processo encontra-se dentro do próprio filo. Há especulações de que ao descobrir o mecanismo responsável por esse rejuvenescimento, haja avanços no tratamento de determinadas doenças, como o câncer, como afirma a estudiosa Maria Pia Miglietta. Contudo, nada foi comprovado.

A espécie *Turritopsis nutricula* parece estar tomando os oceanos, através da água de lastro, principalmente. É provável que nunca tenhamos testemunhado um desastre ecológico protagonizado por estes animais justamente pela dispersão da espécie jamais ter ocorrido de forma tão eficaz. Com a intervenção cada vez maior do homem sobre o meio marinho, diversas barreiras naturais foram quebradas, dentre elas, os limites da expansão de muitas espécies, que foram levadas a invadir outros territórios. Portanto, a hipótese de testemunharmos uma catástrofe ambiental não pode ser descartada.

Como a descoberta desta espécie foi muito recente, estudos mais aprofundados a respeito de como o desenvolvimento inverso ocorre e quais os impactos que ele pode gerar se fazem essenciais. Por hora, que o metazoário mais evoluído, o homem, possa enxergar que nem sempre o que lhe parecesse singelo é de fato obsoleto. Exemplo disso *Turritopsis*

nutricula, com seus meros 5 mm, é a afirmação do dito popular “é nos menores frascos que se encontram os melhores perfumes”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDER, H., and SCHMID, V. **Cell cycles and in vitro transdifferentiation and regeneration of isolated, striated muscle of jellyfish**. *Developmental Biology*, 1987.
- AMABIS, J. e MARTHO, G. **Biologia dos organismos**. Volume dois. São Paulo, Editora Moderna, 2004.
- ANDERSON, D. **Invertebrate Zoology**. 2º edição. Nova York: Oxford University Press, 2001.
- ANDERSON, P. e MCKAY, M. C. **The electrophysiology of cnidocytes**. *Journal of Experimental Biology*, 1987.
- BARBIERI, S. e GODINHO-ORLANDI, M. **Planktonic protozoa in a tropical reservoir: temporal variations in abundance and composition**. *Revue de Hydrobiologie Tropicale*, 1989.
- BARBOSA, P. e CASTELLANOS, I. **Ecology of predator-prey interactions**. Nova York: Oxford University Press, 2004.
- BAVESTRELLO, G.; SOMMER, C. e SARÁ, M. **Bi-directional conversion in *Turritopsis nutricula* (Hydrozoa)**. *Scientia Marina*, 1992.
- BEGON, M.; TOWNSSEND, C. R.; HARPER, J. **Ecologia: de indivíduos a ecossistemas**. 4º edição. Porto Alegre: Artmed, 2007.
- BOERO, F., GRAVILI, C., PAGLIARA, P., PIRAINO, S., BOUILLON, J., e SCHMID V. **The cnidarian premises of metazoan evolution: from triploblasty, to coelom formation, to metamerism**. *Italian Journal of Zoology*, 1998.
- BOERO, F.; BOUILLON, J. e PIRAINO, S. **The role of Cnidaria in evolution and ecology**. *Italian Journal of Zoology*, 2005.
- BOUILLON, J e GRAVILI, C. **An introduction to Hydrozoa**. Paris: Science Museum, 2006.
- BOUILLON, J. e BOERO, F. **Synopsis of the families and genera of the Hydromedusae of the world, with a list of the worldwide species.** Thalassia Selentina, 2000.
- BOUILLON, J. **Essai de classification des Hydropolypes-Hydroméduses (Hydrozoa-Cnidaria)**. *Indo-Malayan Zoology*, 1985.
- BRUSCA, R.C & BRUSCA, G.J. **Invertebrates**. 2º edição. Sinauer, Sunderland Massachusetes, 2003.

- CALDER, D. **Seasonal cycles of activity and inactivity in some hydroids from Virginia and South Carolina, U.S.A.** Canadian Journal of Zoology, 1990.
- CARLA, E.; PAGLIARA, P.; PIRAINO, S.; BOERO, F. e DINI, L. **Morphological and ultrastructural analysis of *Turritopsis nutricula* during life cycle reversal.** Tissue&Cell, 2003.
- De Vito, D.; PIRAINO, S.; SCHMICH, J.; BOUILLON, J. e BOERO, F. **Evidence of reverse development in Leptomedusae (Cnidaria, Hydrozoa): the case of *Laodicea undulata* (Forbes and Goodsir 1851).** Marine Biology, 2006.
- DUSENBERY, D. **Living at Micro Scale: The Unexpected Physics of Being Small.** Cambridge: Harvard University Press, 2009.
- EMILIANI, C. **Planktic/Planktonic, Nektic/Nektonic, Benthic/Benthonic.** Volume 5. Journal of Paleontology, 1991.
- FIELD, C.; BEHRENFELD, M.; RANDERSON, J e FALKOWSKI, P. **Primary production of the Biosphere: Integrating Terrestrial and Oceanic Components.** Science, 1998.
- FINNERTY, J. **The origins of axial patterning in the metazoa: how old is bilateral symmetry?** International Journal of Developmental Biology, 2003.
- GOULD, S. **Ontogeny and Phylogeny.** Cambridge: Belknap Press, 1985.
- GRIVICICH, I.; REGNER, A. e ROCHA, A.B. **Morte celular por apoptose.** Revista Brasileira de Cancerologia, 2007.
- HENSON, S.; SARMIENTO, J.; DUNNE, J.; BOPP, L.; LIMA, I.; DONEY, S.; JOHN, J. e BEAULIEU, C.: **Detection of anthropogenic climate change in satellite records of ocean chlorophyll and productivity.** Biogeosciences, 2010.
- HONGBAO MA, Y. ***Turritopsis nutricula*.** Nature and Science, 2010.
- HYMAN, L. H. **The Invertebrates.** 1º edição. Nova York: McGraw-Hill, 1940.
- LUGO, A.; ROGERS, C. e NIXON, S. **Hurricanes, Coral Reefs and Rainforests: Resistance, Ruin and Recovery in the Caribbean.** Ambio, 2000.
- LUTZ, P. E. **Invertebrate Zoology.** 4º edição. California: Benjamin/Cummings Publishing Company, 1986.
- MARQUES, A., & COLLINS, A. **Cladistic analysis of Medusozoa and cnidarian evolution.** Invertebrate Biology, 2004.
- MATHEICKAL, J e RAAZMAKERS, S. **2nd International Ballast Water Treatment R&D Symposium.** Londres: GloBallast Monograph Serie, 2004.

- MIGLIETTA, M. P. e LESSIOS, H. A. **A silent invasion**. Springer Science, 2008.
- MIGOTTO, A. e ANDRADE, L.P. **The life cycle of *Hebella furax* (Cnidaria: Hydrozoa): a link between a lafoeid hydroid and a laodiceid medusa**. Journal of Natural History, 2000.
- MOKADY, O. e BUSS, L. **Transmission genetics of allorecognition in *Hydractinia symbiolongicarpus* (Cnidaria: Hydrozoa)**. Genetics, 1996.
- MÜLLER, W. **Pattern formation in the immortal *Hydra***. Trends Genet, 1996.
- NAWROCKI, A.; SCHUCHERT, P. e CARTWRIGHT, P. **Phylogenetics and evolution of Capitata (Cnidaria: Hydrozoa), and the status of the family Corynidae**. Zoological Scripta, 2010.
- ODUM, E.P. **Fundamentos de Ecologia**. 6º edição. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001.
- PECHENIK, J. A. **Biology of the invertebrates**. 5º edição. Nova York: McGraw-Hill, 2005.
- PEEBLE, F. **Experimental Studies on Hydra**. 5º volume. Springer Berlin / Heidelberg, 1897.
- PIRAINO, S.; BOERO, F.; AESCHBACH, B. e SCHMID, V. **Reversing the life cycle: medusae transforming into polyps and cell transdifferentiation in *Turritopsis nutricula* (Cnidaria, Hydrozoa)**. Biological Bulletin, 1996.
- PIRAINO, S.; DE VITO, D.; SCHMICH, J.; BOUILLON, J. e BOERO, F. **Reverse development in Cnidaria**. NRC, 2004.
- PURCELL, J.; GRAHAM, W. e DUMONT, H. **Jellyfish blooms: ecological and societal importance**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001.
- RAAJMAKERS, S. **Baltic Regional Workshop on Ballast Water Management, Tallinn, Estonia**. Londres: GloBallast Monograph Series, 2002.
- RODRIGUES, S. **Zoologia: espectro e perspectiva do reino animal**. São Paulo: Cultrix, 1970.
- RUPPERT, E. e BARNES, R.D. **Zoologia dos invertebrados**. 6ª ed., Roca Ed., São Paulo, 1996.
- RUSSEL, F. **Medusae of the British Isles II. Pelagic Scyphozoa with a Supplement to the First Volume on Hydromedusae**. Cambridge: Cambridge University Press, 1970.
- RUSSELL-HUNTER, W. **The Biology of Lower Invertebrates**. Nova York: Macmillan, 1968.

- SCHUCHERT, P. **Survey of the family Corynidae (Cnidaria, Hydrozoa)**. Revue Suisse de Zoologie, 2001.
- TAMELANDER, J.; RIDDERING, L.; HAAG, F. e MATHEICKAL, J. **Guidelines for Development of National Ballast Water Management Strategies**. Londres: GloBallast Monographs Serie, 2010.
- TARDENT, P. **Regeneration in the Hydrozoa**. Biological Reviews, 2008.
- THOWFEEQU, S.; MYATT, E. e TOSH, D. **Transdifferentiation in Developmental Biology, Disease, and in Therapy**. Developmental Dynamics, 2007.
- VAN KLEEEF, J; BERRY, R. e STANGE G. **Directional selectivity in the simple eye of an insect**". The Journal of Neuroscience, 2008.
- WADE, M. **Hydrozoa and Scyphozoa and other medusoids from the Precambrian Ediacara fauna, South Australia**. Journal of Geophysical Research, 1972.
- YONEDA, N. 1999. **Workshop para a avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Zona Costeira e Marinha**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/ibamaperfuracao/refere/Plâncton_Anexo.pdf>. Acesso em 20/10/2011.