

A IMPORTÂNCIA DA "BOA" IDENTIFICAÇÃO DOS ORGANISMOS FITOPLANCTÔNICOS PARA OS ESTUDOS ECOLÓGICOS

SENNA, P. A. C.⁽¹⁾ & MAGRIN, A. G. E.⁽²⁾

Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, Universidade Federal de São Carlos
Via Washington Luiz, Km 235 – São Carlos, SP, 13565-905
E-mail: (1) senna@power.ufscar.br, (2) albano@iris.ufscar.br

RESUMO: A importância da "boa" identificação dos organismos fitoplanctônicos para os estudos ecológicos. A partir de considerações teóricas e práticas sobre o porquê de se identificar, classificar e dar nomes aos organismos, são discutidos os cuidados para uma boa identificação. É comentado também como a "boa" identificação dos espécimes fitoplanctônicos vem a ser fundamental para a correta utilização e aplicação dos diversos índices de diversidade e similaridade, no tratamento da riqueza de espécies e nos trabalhos de biodiversidade. É discutido um exemplo de aplicação dos conceitos abordados.

Palavras-chave: Taxonomia; classificação; identificação; fitoplâncton; limnologia; índices de diversidade e similaridade; riqueza de espécies; biodiversidade.

ABSTRACT: The importance of correct identification of phytoplankton taxa in ecological studies. From theoretical and practical considerations on the reasons to identify, classify and give names to organisms, cautions which should be adopted in order to achieve so-called "correct identification" are highlighted. It is commented how the "correct identification" of phytoplankton specimens has become fundamental to the precise utilization and application of several diversity and similarity indices, in studies on species richness and biodiversity. An example, in which the considered concepts are applied, is discussed.

Key-words: Taxonomy; classification; identification; microscopy techniques; phytoplankton ecology; limnology; diversity index; similarity index; species richness; biodiversity.

INTRODUÇÃO

A necessidade de classificar ou ordenar os objetos em geral, como os diferentes utensílios e seres vivos, pode-se dizer que é inata ao Homem. Na verdade, o modo de conhecer o funcionamento de máquinas, animais, plantas, Natureza, átomo e qualquer coisa desconhecida depende de que sejam divididas em suas partes constituintes para que o nosso processo mental de cognição "capte" o arranjo delas, como se ajustam e, finalmente, possa compreender como este conjunto, como um todo, funciona.

Obviamente que este processo é trabalhoso e, muitas vezes, lento e penoso. É mais ou menos como a fábula do Minotauro onde o herói grego, Teseu, penetra na caverna do monstro e, como não conhece o caminho do famoso labirinto, utiliza-se de um fio que vai desenrolando à medida que avança no desconhecido para depois, ao retornar, saber a saída. Para nós, tudo o que deve ser conhecido assemelha-se a um labirinto que tem de ser penetrado, explorado, desmembrado e, depois, rejuntado como em um quebra-cabeças para se poder entender. Muitas vezes este processo nos obriga a contínuos avanços e retrocessos até se ter uma razoável certeza do caminho correto, da função exata ou do papel desempenhado.

Portanto, se o ser humano não divide o objeto de estudo, não pode entendê-lo! Na verdade, as ciências ou os campos do Saber que normalmente são mais difíceis ou progridem lentamente são aqueles onde este processo de "divisão" é mais complicado ou mesmo impossível de ser realizado!

Para se conhecer a Natureza o processo não poderia ser diferente, seja a que nível for, tanto em escalas microscópicas quanto universais. Logicamente que, dependendo da escala empregada, a dificuldade pode ser maior devido à complexidade do sistema ou da amplitude do que deve ser conhecido! Isto faz com que, muitas vezes, o objeto de estudo demore muito tempo a ser compreendido, inclusive chegando-se à conclusão que *nunca*¹ venha a ser compreendido no seu todo, ou que ele possa vir a ser entendido de *modos diferentes dependendo do como se "divide" a Natureza!*

Mas, neste momento, entra uma questão muito delicada e interessante porque vai trazer uma perspectiva nova, imprevisível e que, além de enriquecer o problema do estudo da Natureza, vai torná-lo um desafio perene: o fato da Natureza *não ser divisível!* Ou seja, a Natureza é um *todo* no seu aspecto organizativo e funcional, o que torna praticamente impossível o seu "desmonte" do modo desejável para fins intelectivos! Então nos deparamos com uma situação extremamente angustiante para o cientista ou pesquisador que é um naturalista: para "entender" tem que dividir, mas quando se trata da Natureza, não pode fazê-lo como precisa, acabando por não "captá-la" como seria necessário e desejável!

Isto nos leva a uma outra conclusão que temos de aceitar e considerar como irreversível: que o Conhecimento nunca vai se esgotar, mesmo que avancemos séculos no Saber e que a Natureza, como conhecemos agora, será sempre, em menor ou maior grau, uma incógnita.

Dentro desta linha de raciocínio, a Ciência da Classificação, ou Sistemática, encaixa-se exatamente no dilema apresentado antes: ela procura dividir o indivisível, para tentar compreender a Natureza e, à medida que o Conhecimento científico progride, mais dados são acrescentados ou requeridos e, portanto, mais complexo, difícil e árdua se torna esta busca pela exata posição dos organismos no ordenamento natural.

Pode-se perguntar então: a classificação dos organismos, ou seja, a busca incansável por saber como se ordenam na Natureza, não vai acabar nunca? Ou, para que então se preocupar em classificar os organismos se eles *não são passíveis de ocupar categorias fixas?* Estas perguntas e outras mais que surgem quando se procura entender o porquê de se classificar os seres vivos, é o que tentaremos ajudar a esclarecer ao longo deste capítulo.

A CIÊNCIA DA TAXONOMIA

A *Taxonomia*, também conhecida como *Sistemática*, é, sem sombra de dúvidas, uma *ciência* enquanto conjunto organizado de informações referentes a um objeto a qual, a despeito da sua antigüidade (provavelmente exista desde os primeiros seres humanos), hoje em dia é alvo em muitos círculos científicos de desdém, incompreensões e outros tipos de discriminações causados, na maior parte das vezes, pela ignorância daqueles que a menosprezam.

Quando comparada a outras áreas do Saber científico, como a Biologia Molecular, por exemplo, a Taxonomia tende a ser colocada em segundo plano porque, segundo crenças errôneas, não é algo "em moda", não trabalha com achados espetaculares que invadem o noticiário televisivo ou porque é apenas uma questão de "dar nomes"... Porém, a Taxonomia na verdade vai muito além de um mero conjunto de regras nomenclaturais ou obsessão possessiva ou doentia pela classificação ou identificação de um organismo. A Taxonomia é, na verdade, *a base de todo conhecimento científico sério e organizado!* Não se faz Ciência sem o auxílio da Taxonomia em algum momento do processo cognitivo e isto em *qualquer campo do Saber: Zoologia, Botânica, Biologia Molecular, Bioquímica, Ecologia e outros.*

Portanto, se a Taxonomia estivesse livre deste estigma discriminatório que a cerca, teríamos, provavelmente, mais pesquisadores e alunos dedicados ao seu conhecimento, desenvolvimento e uso. Não nos cabe aqui discutir o *como* nem o *porquê* desta estigmatização mas, sem dúvida, tem muito a ver com toda a problemática que envolve o ensino desde os níveis primordiais da educação formal até aqueles mais elevados.

¹ Todas as palavras e frases em itálico foram mantidas como no manuscrito original (Nota do Editor).

O que se precisa ter em consideração é que todos os ramos da Ciência são igualmente importantes, contribuem para o saber geral de acordo com o seu objeto de estudo, estão intrinsecamente interrelacionados e que, portanto, devem ser respeitados nas suas diferentes metodologias e abordagens.

ASPECTOS HISTÓRICOS DA TAXONOMIA

Estamos abordando, primariamente, as informações relacionadas com a Taxonomia, ou Sistemática *Vegetal*. Portanto, vamos agora introduzir, rapidamente, algumas informações históricas importantes para se conhecer a evolução dos sistemas de classificação.

Como já foi comentado anteriormente, a preocupação de classificar objetos, para poder entendê-los, foi uma atividade contínua desde que surgiram os primeiros seres humanos. Porém, a preocupação pela *classificação vegetal* é bem mais recente, remontando aos séc. 3-4 a.C., quando os filósofos gregos, entre os quais *Teofrasto* (discípulo de Aristóteles) criou o primeiro sistema de classificação vegetal, baseado no *hábito* (árvores, arbustos e ervas) e na *duração* (anuais, bianuais e perenes) das plantas (Lawrence, 1973).

Durante estes mais de 20 séculos desde o trabalho pioneiro de Teofrasto, a taxonomia vegetal passou por quatro fases que, apesar de distintas, influenciaram-se umas às outras: a fase da classificação quanto ao *hábito*, quanto aos *caracteres artificiais*, quanto aos aspectos *morfológicos* e, modernamente, quanto à *filogenia*. Dentro destas quatro fases, a *identificação* e a *nomenclatura*, as outras duas bases do "tripé" que sustenta a Taxonomia, derivaram-se basicamente da obra monumental de CARL LINNÉ, *Species plantarum* (1753), cujo sistema, apesar de não mais utilizado na totalidade, gerou muitas informações e conceitos que tem sido consecutivamente revistos, atualizados e ampliados, sendo adotados, em sua versão moderna, em todos os sistemas de classificação pós-LINNÉ.

Apesar de que no mundo biológico as idéias evolucionistas predominem e dêem o "tom" dos trabalhos científicos, mesmo assim a taxonomia ainda usa *chaves artificiais* para identificação (é prático e útil para especialistas ou apenas usuários), caracteres *morfológicos* (são os mais facilmente reconhecíveis com instrumental não muito sofisticado) e, obviamente, não deixa de criar, desenvolver e aperfeiçoar sistemas de classificação *filogenéticos* e que sejam baseados, sempre que possível, na mais ampla gama de informações morfológicas e não-morfológicas como aquelas genéticas, citológicas, ultra-estruturais, bioquímicas, ambientais e outras.

MAS O QUE VEM A SER TAXONOMIA, CLASSIFICAÇÃO, IDENTIFICAÇÃO E NOMENCLATURA?

Antes de prosseguirmos, é necessário que deixemos claro ao leitor o que estes termos do título significam, a fim de que não ocorram possíveis erros de interpretação, o que poderia invalidar toda a discussão sobre a "boa" identificação.

Taxonomia é a ciência que trata da *identificação*, *nomenclatura* e *classificação* de objetos de natureza biológica (Lawrence, 1973). Quando restrita às plantas, é também denominada de *Botânica Sistemática*.

Em relação à *identificação*, esta consiste no *reconhecimento de que um táxon é idêntico ou semelhante a outro já conhecido*, mediante a utilização de bibliografia adequada, material de herbário (tipos nomenclaturais ou apenas exsicatas já identificadas), fotografias e/ou desenhos (Lawrence, 1973).

Nomenclatura, por outro lado, refere-se à *determinação correta do nome de uma planta*, de acordo com um sistema nomenclatural (o famoso "Código Internacional de Nomenclatura Botânica") que é atualizado a cada três anos na reunião internacional de Botânica (Lawrence, 1973). A existência deste Código, com dezenas de regras, é absolutamente fundamental para que não ocorra o caos no momento de se nomear algum táxon novo ou já existente.

Por fim, *classificação* diz respeito à *colocação de uma planta, ou grupo de plantas, em categorias, de acordo com um sistema de ordenação* e seguindo as regras do Código Internacional de Nomenclatura Botânica (Lawrence, 1973).

OS SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO

Os sistemas de classificação, na sua generalidade, são muito diversos, enfatizam pontos de vista pessoais dos seus autores, sendo por isso mesmo discutíveis e passíveis de correções e modificações, justamente porque tratam com organismos vivos sujeitos a contínuas alterações e influência do ambiente.

Sendo a Natureza "indivisível" para efeitos de sua classificação dentro de sistemas, levando em consideração que a Evolução é um processo dinâmico, gerador de novos seres e que a moderna *Sistemática* usa todas as informações possíveis, além das morfológicas, para tentar chegar a sistemas os mais próximos possíveis da realidade, pode-se entender porque hoje em dia cresce o número de novos sistemas de classificação e os já existentes são abandonados ou tem que se atualizar em um processo contínuo, amplo, profundo e rápido, o que faz com que os especialistas tenham muitas vezes grandes dificuldades de acompanhar as "novidades" no campo e os usuários, que muitas vezes não são especialistas, sintam-se perdidos sobre qual sistema utilizar e muitas vezes, sem orientação adequada ao tipo de trabalho que desenvolvem, acabem por aplicar sistemas não condizentes com as suas necessidades.

Esta dificuldade é um dos grandes problemas que criam situações que levam ao desencorajamento dos não-especialistas em utilizar a *Taxonomia* corretamente nos seus trabalhos. Porém, esta contínua alteração de sistemas já existentes, ou a criação de novos, sempre vai ocorrer justamente pelo fato de tentarmos dividir (e ordenar) algo indivisível (a Natureza) para poder conhecê-la! Além do mais, um outro dado deve ser acrescentado ao "rosário" de problemas do nosso "usuário": de um modo geral, os sistematas (ou taxonomistas) podem ser divididos em dois tipos: aqueles que sempre *dividem* os organismos, procurando assim enquadrá-los o mais exato possível dentro das categorias taxonômicas (razão pela qual aparecem gêneros com poucas espécies, famílias com poucos gêneros e assim por diante) e, por outro lado, temos aqueles que sempre *ajuntam* os organismos, admitindo, então, uma maior flexibilidade quanto ao posicionamento deles no "ranking" sistemático (gêneros grandes com muitas espécies, famílias grandes com muitos gêneros e etc.). Portanto, este tipo de "visão sistemática" dos diferentes especialistas deve ser sempre levada em consideração.

Porém, o importante para o simples usuário da *Taxonomia* é que ele saiba o *que precisa para o seu trabalho, como obtê-lo e onde!* Assim, ele deve ser corretamente orientado, de preferência por especialistas e levar em consideração suas necessidades no momento de classificar e/ou identificar os organismos.

Muito se tem especulado sobre *qual categoria da taxonomia pode ser considerada como natural?* espécie, gênero, família, classe, divisão? Hoje em dia é mais ou menos aceito, de modo geral entre os cientistas, que a categoria de *espécie* é a única que reflete de maneira *natural* o enquadramento dos diferentes agrupamentos de seres vivos na Natureza. Porém, o conceito de espécie é sujeito a diferentes entendimentos e interpretações dependendo do grupo de organismos considerado. Inclusive, quanto *mais primitivo*, na escala evolutiva, for um determinado organismo, mais difícil será enquadrá-lo em um conceito de espécie como é habitualmente considerado para aqueles organismos considerados "evoluídos". E, mesmo para estes, o conceito de espécie sofre contínuas mudanças de acordo com as descobertas em outros campos do Saber científico. Portanto, se em certos grupos de organismos nem mesmo conseguimos chegar à um acordo sobre o que é *espécie*, pode-se entender como é difícil, muitas vezes, fazer Taxonomia desta maneira!

Se pensarmos agora apenas no amplo, rico e variado grupo de seres denominados popularmente de "algas", veremos que os nossos problemas taxonômicos também serão, em muitos casos, variados, complexos e, sempre, interessantes. Podemos começar pela consideração básica sempre feita pelos "usuários": qual sistema de classificação escolher quando vou tratar de enquadrar os meus organismos? Esta questão, às vezes não muito trivial nem mesmo para um especialista, é de suma importância para o "usuário" conseguir resolver seu problema adequadamente. A resposta, porém, nem sempre é inequívoca ou absolutamente transparente. Tal como acontecia muitas vezes na Grécia antiga, quando os peregrinos tratavam de se consultar com o famoso oráculo de Delfos, a resposta a esta questão elementar é, muitas vezes, de difícil interpretação e sujeita a muitas alterações. Em geral, dependendo do grupo de algas que se vai estudar, recomenda-se, no caso de trabalhos de âmbito generalista onde a taxonomia seja apenas uma "leve" ferramenta de trabalho, que sejam usados aqueles sistemas abrangentes, onde se procura agrupar, em categorias mais ou menos vastas, grupos de organismos que tenham alguma(s) característica(s) em comum, os quais, assim colocados, possam dar uma boa idéia geral do seu posicionamento sistemático. Por outro lado, se o "refinamento" taxonômico dos organismos exigir um grau de precisão elevado, deve-se optar pelos sistemas mais minuciosos que, sendo mais detalhistas, são mais objetivos e específicos quanto à posição dos espécimes no ordenamento sistemático.

O SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DE ANAGNOSTIDIS E KOMÁREK

Não é possível discutir-se neste capítulo os prós e os contras de dezenas de sistemas de classificação das algas. Porém, há um sistema que pode e deve ser considerado com um pouco mais de atenção porque talvez nenhum outro, neste século, tenha introduzido tamanha revolução de conceitos. Provavelmente isto tenha ocorrido porque o grupo de organismos considerado seja o das cianofíceas (algas azuis), também conhecidas como "cianobactérias" ou cianoprocariontes, que pelo fato de serem as algas mais antigas no registro fóssil (filogeneticamente são as mais "simples"), de serem procariontes (mas fotossintetizantes) e não apresentarem reprodução sexuada, além de outras características bioquímicas e fisiológicas únicas, formam um grupo muito especial que tem um papel ecológico/sanitário importante nos ambientes continentais (tanto aquáticos, quanto terrestres). Este sistema de classificação, criado e desenvolvido por K. Anagnostidis (Institute of Systematic Botany, University of Athens) e J. Komárek (University of South Bohemia, Czech Republic) também é objeto de discussões contínuas (muitas vezes acaloradas), revisões e aperfeiçoamentos constantes. Mas isto, longe de desmerecer a sua importância, o torna praticamente o único sistema de classificação conhecido, para um determinado grupo de organismos, a estar em um acelerado e intenso processo de aprimoramento ficando, assim, permanentemente atualizado de acordo com as descobertas da Ciência nos seus vários campos de conhecimento, permitindo que os interessados em geral, sejam especialistas no grupo ou apenas "usuários" esporádicos, tenham à sua disposição uma importante, prática e atualizada "ferramenta" de trabalho.

A grande novidade do sistema de Anagnostidis & Komárek (Anagnostidis & Komárek 1985; 1988; 1990; Komárek & Anagnostidis 1986; 1989) vem a ser a **utilização e/ou revalidação** de certas características raramente ou nunca utilizadas nos sistemas predecessores, como o tipo e plano de divisão celular, movimento dos tricomas e hormogônios, formação de necrídios, desintegração de tricomas, posição relativa de heterocito e acinetos e muitas outras, as quais mudaram totalmente o tradicional esquema de categorias taxonômicas no grupo. Além disso, a utilização de características fisiológicas/bioquímicas (**sensibilidade à luz/salinidade, composição de pigmentos ou proporção entre eles e outras atividades fisiológicas**), genéticas (**conteúdo de DNA, razão guanina/citosina**, como exemplos), ultracelulares (**posição dos tilacóides, presença e distribuição de poros na parede celular, corpúsculos intra-citoplasmáticos**, entre outros) e ecológicas (**produção de toxinas e outras substâncias em reação a "stress" ambiental**, como exemplo), levou à uma reinterpretação total de muitos dos gêneros, famílias e ordens anteriormente consideradas. Por outro lado, com a criação ou alteração de muitos gêneros, muitas combinações e nomes novos tiveram (ou estão sendo) que ser propostos para a adequação nomenclatural correta desta gigantesca mudança.

Como conseqüência deste Sistema, as cianofíceas agora podem vir a ser melhor tratadas taxonomicamente, o que vai resultar em subsídios mais confiáveis aos trabalhos de limnologia, ecologia, fisiologia e outros. Porém, como já foi alertado anteriormente, como "cada caso é um caso", o usuário *sempre* deve estudar cuidadosamente o seu problema, aconselhar-se com quem de direito e seguir um (ou mais) sistema(s) a partir de uma escolha criteriosa e que possa realmente solucionar, ou ao menos ajudar a resolver, a sua necessidade de classificação.

CUIDADOS PARA UMA "BOA" IDENTIFICAÇÃO

Se antigamente, no começo dos estudos ficológicos, a principal preocupação do especialista centrava-se no esforço por identificar principalmente o *indivíduo*, hoje em dia a preocupação está em trabalhar com a *população* e não mais com o indivíduo enquanto entidade isolada do contexto biológico e ambiental.

Portanto, a providência básica, elementar e fundamental para se fazer uma "boa" identificação está em analisar um grande número de indivíduos de uma população, buscando reconhecer todas, ou pelos menos o maior número possível, de alterações tanto métricas quanto morfológicas que possam sinalizar os possíveis limites desta população.

Para tanto, o estudioso, seja ele apenas um usuário ou especialista, deve, sempre que possível, observar os indivíduos *vivos*, antes de trabalhar com as amostras fixadas. Dependendo do grupo de algas considerado (Cyanophyceae ou os fitoflagelados em geral), a falta de observação do material vivo vai privá-lo de informações vitais que certamente vão dificultar, ou mesmo impedir, a correta classificação/identificação. Isto porque muitos sistemas de classificação e mesmo os modernos compêndios/trabalhos de taxonomia, procuram valorizar *todas* as informações disponíveis, inclusive aquelas ligadas ao *ciclo de vida* e *reprodução* (tanto sexuada quanto assexuada) as quais só podem ser, muitas vezes, criteriosamente analisadas se feitas com o material vivo.

O primeiro e fundamental parâmetro que deve ser considerado é a tomada de todas as medidas necessárias que vão caracterizar esta população, como largura e comprimento tanto celular quanto do tricoma, filamento ou colônia quando pertinente, visando a poder aplicar, posteriormente, alguma ferramenta estatística (como os "softwares" STATISTICA, SYSTAT e outros) que possa precisar e avaliar os *limites métricos* da população. Evidentemente que o pesquisador deve cercar-se de todos os cuidados na realização destas medidas, principalmente se os espécimes forem muito pequenos ou de difícil visualização.

Em seguida, devem ser observadas, repetidas vezes e em diferentes situações, *todas as possíveis características* que sejam *diacríticas* para a população que está sendo considerada. Para tanto, a escolha do *sistema de classificação*, neste momento, é de fundamental importância, pois vai determinar *quais características* devem ser observadas para a posterior identificação dos espécimes. Neste momento, é muito importante o estudioso usar de alguns expedientes simples, mas proveitosos, para se obter informações corretas sobre o material que está sendo observado, como a utilização de *azul de metileno* e/ou *tinta nanquim*, para evidenciar bainha mucilaginosa e o *lugol* para evidenciar a presença ou não de amido e sua posição (se plastidial ou extra-plastidial) e outras metodologias que podem ser encontradas em bons livros/ manuais de ficologia.

No caso das diatomáceas, que necessitam de um tratamento todo especial na montagem de lâminas permanentes *antes* de realizar as observações, todo cuidado é pouco ao se usar, por exemplo, um meio de inclusão com um *alto poder refratário* para facilitar ao máximo as observações ao microscópio óptico de estruturas muito delicadas ou de diminutas proporções. Portanto, a identificação deve ser realizada sempre após o conhecimento amplo e criterioso de todas as informações possíveis e, muito importante, procurando checar o material em exame com a literatura disponível de tal modo que se compare as descrições e figuras com os espécimes ao *microscópio*.

Um outro aspecto deve ser abordado: o cuidado ao *ilustrar* os exemplares estudados, ou seja, fazer desenhos e/ou fotomicrografias. O ideal, se possível, é lançar mão tanto de desenhos em câmara-clara quanto de microfotografias e, em casos especiais, também de fotografias em microscopia eletrônica (varredura ou não). Neste caso, também, deve-se buscar representar *todas* as possíveis alterações morfológicas encontradas na população, a fim de se ter uma noção ampla e exata destas variações.

Por último, vai aqui uma sugestão muito importante: em termos de uma dissertação ou tese de ecologia/limnologia, por exemplo, deve-se antes fazer um *tratado* de taxonomia para depois se realizar o trabalho pretendido? Obviamente que não! Neste caso, como a taxonomia é uma *ferramenta*, trata-se então de saber, do modo o mais preciso possível, com *quem se está trabalhando*, ou seja não praticar a "ecologia do sp", e oferecer ao público alvo do trabalho um *mínimo* de informações necessárias sobre o(s) organismo(s) encontrado(s) tais como: *o nome completo*, autor (no caso de espécie ou categoria infra-específica), *medidas* e, no mínimo, *uma figura* ou *fotomicrografia* mais representativa. Com estas informações, qualquer usuário, especialista ou não, taxonomista ou limnólogo, poderá saber qual(is) é(são) o(s) organismo(s) que está(ão) sendo objeto de estudo.

Portanto, é muito importante abandonar o *mau hábito* das famigeradas listas de espécies que, por serem apenas e tão somente listas, não fornecem nenhuma informação biologicamente confiável e aproveitável.

APLICAÇÕES DA "BOA" IDENTIFICAÇÃO NA ECOLOGIA

Diversidade e Riqueza Específicas nos Estudos de Ecologia do Fitoplâncton Continental

A abordagem da comunidade fitoplanctônica em termos das espécies (não de gêneros) que a compõem leva a resultados muito satisfatórios. Quando se considera uma espécie em termos de sua ocorrência, frequência, abundância, variação no tempo e no espaço, o que na verdade se faz é trabalhar com um patrimônio genético que foi selecionado e moldado ao longo de sua história evolutiva e que traz na sua manifestação vital (biomassa) o resultado dessa intrincada rota. Por isso, é necessário trabalhar ao nível específico para que se amplie o conhecimento das potencialidades de determinada carga genética, que nada mais é do que ampliar os conhecimentos de sua auto-ecologia. Por isso, o nível de gênero não fornece muita informação em trabalhos ecológicos ou, eventualmente, fornece informação incompleta e truncada pois, em um único gênero, podem ocorrer dezenas de espécies com requerimentos ecológicos muito distintos ou até antagônicos.

Entende-se por *diversidade* de espécies a interação de seus dois componentes básicos: a *riqueza*, que é o número total de espécies presentes e a *uniformidade*, que se relaciona com a abundância relativa de espécies e com o grau de sua dominância ou não. Trata-se de um conceito complexo porque foi definido originalmente com base na Termodinâmica e, sendo assim, considera as modificações de um sistema finito em termos de entropia. Em teoria, o aumento da diversidade leva a um aumento da entropia do sistema e da desordem das espécies, diminuindo a probabilidade de se encontrar uma determinada espécie no ecossistema. Isso significa que a *ordem* ou a *homogeneidade* do sistema é *inversamente* proporcional à *diversidade* e *entropia* (Schäfer, 1985).

Há muito que se empregam índices de diversidade de espécies em trabalhos sincológicos (Odum, 1988). O índice de Shannon-Weaver (H') (Shannon & Weaver, 1963) é o mais utilizado para o fitoplâncton. Esse índice é definido como:

$$H' = \sum_{i=1}^n p_i \cdot \log_2 p_i$$

$$p_i = \frac{N_i}{N}$$

onde:

N_i = densidade ou biomassa da **espécie** i ;

N = densidade ou biomassa total da amostra.

Essa fórmula básica leva em conta *sempre* o conceito de *espécie* inserida dentro de um sistema e interagindo com os meios biótico e abiótico e com o entorno, como prediz a teoria da Cibernética. Já que essa abordagem é seguida com fidelidade pelos ecólogos, também deve ser considerada a determinação das espécies como condição *sine qua non* para o perfeito entendimento do funcionamento biótico do sistema. Por outro lado, a aplicação do H' sem o conhecimento de quais são as espécies, por exemplo, apenas sp.1, sp.2, sp.3 e assim por diante, pode até fornecer um bom e comparável índice mas que, por ser apenas um *número*, não tem condições de descrever o ambiente através de sua composição específica. Ressalta-se, ainda, com relação à aplicação da diversidade de espécies como medida de entropia do sistema, que ela é válida apenas como comparação de estados em sistemas finitos com o mesmo número de elementos diferentes. Daí a necessidade do conceito de *uniformidade* de distribuição de indivíduos nas espécies, citado anteriormente, ou "*species evenness*" (Pielou, 1975), para que os dados obtidos de diferentes locais possam ser comparados.

A riqueza de espécies de uma amostra costuma ser expressa como *o número total de táxons presentes*. Quanto mais detalhada for essa análise, maior será o número de espécies, o que enriquece sobremaneira o estudo, por incluir também as espécies raras, pouco freqüentes e/ou pouco abundantes que, via de regra, quase nunca aparecem nas contagens. É preferível iniciar o trabalho com uma profunda análise das espécies presentes nas amostras para depois proceder-se à contagem, indicando a presença de uma espécie em um determinado local, ainda que sua densidade numérica seja menor que o limite de sensibilidade da técnica de contagem empregada.

Biodiversidade

A biodiversidade de um ambiente deve ser conhecida para o manejo e desenvolvimento sustentado. Assunto tão em voga atualmente, item da legislação nacional específica (Cap. VI da Constituição Federal; Res. CONAMA 001/86), a conservação da biodiversidade só será conseguida se suas *bases ecológicas forem conhecidas*. Executar um trabalho sobre ecologia de fitoplâncton em nível específico é, portanto, contribuir para o conhecimento correto dos ambientes aquáticos em questão, a fim de que possam ser caracterizados pela presença de espécies indicadoras das condições físicas reinantes.

A biodiversidade de ambientes aquáticos continentais é ainda pouco estudada em relação à de plantas e animais terrestres. Em se tratando do conhecimento disponível a respeito da biodiversidade do fitoplâncton, constata-se que ele é incipiente e o pouco que se tem é fragmentado. Se outras comunidades de algas forem consideradas, como as perifíticas (epífitas), as plâncton-acidentais (ticoplâncton), as epilíticas e as epipélicas, abre-se um hiato ainda maior no conhecimento desses importantes elos de qualquer cadeia trófica. E ao se falar em cadeia trófica, é impossível ignorar o fato de que o homem quase sempre ocupa posição terminal, muitas vezes se alimentando ou usando subprodutos de origem algal. Vê-se, então, que a questão da biodiversidade não é pontual nem visa privilegiar certos grupos de espécies ameaçadas de extinção, pois isso subestimaria a taxa de perda da diversidade como um todo. A perda gradual da biodiversidade pode levar à extinção de habitats e de ecossistemas, que podem ser tão singulares na biosfera que jamais poderão ser repostos. Talvez esse argumento seja suficientemente forte para justificar a necessidade da identificação dos organismos fitoplanctônicos a nível de espécie.

Os Índices de Similaridade de Espécies e as Técnicas Estatísticas de Ordenação

Uma ferramenta matemática muito utilizada para comparar diferentes ambientes ou diferentes locais de um mesmo ambiente são os *índices de Similaridade* (S), que podem ser definidos da seguinte maneira, de acordo com cada autor (Valentin, 1995):

$$S = \frac{a}{a+b+c} \quad (\text{Jaccard})$$

$$S = \frac{2a}{2a+b+c} \quad (\text{Sorensen})$$

$$S = \frac{2W}{A+B} \quad (\text{Czekanowski})$$

onde:

a = número de *espécies* comuns às duas amostras;

b e c = número de *espécies* ocorrendo em uma ou outra amostra (alternâncias);

W = menor abundância de cada *espécie* entre as duas amostras;

A + B = média das abundâncias.

As diatomáceas têm sido muito utilizadas como indicadoras de qualidade de água, principalmente na Europa, E.U.A. e Japão (Sabater & Roca, 1990; Raschke, 1993; Lobo et al., 1995). Assim, existem índices que podem ser aplicados a cada amostra que levam em conta a ocorrência de determinada espécie, sua frequência relativa e sua abundância. As espécies são categorizadas de acordo com gradientes de poluição ambiental que, por sua vez, são avaliadas através de variáveis indicadoras como condutividade, teor de fósforo, nitrogênio, coliformes, alcalinidade, pH, DBO₅ e outros. Após a separação das espécies em grandes grupos de acordo com sua tolerância à poluição, calcula-se o índice de saprobidade para cada espécie. Os sistemas mais modernos não levam a um valor único de pH, por exemplo, mas sim a faixas de condições ambientais em que se desenvolve toda uma associação de espécies típicas sendo, por isso, mais convenientes e aplicáveis. Esses índices costumam ser tão sensíveis que, muitas vezes, as variedades de uma mesma espécie possuem "scores" diferentes em relação a tolerância à poluição. Se uma variedade pode indicar condições ambientais distintas da espécie típica, então torna-se extremamente necessária a correta identificação desse organismo para a aplicação de índices de qualidade de água. Para que seja possível o desenvolvimento de índices que usem espécies tropicais, é preciso que haja um grande esforço em se identificar corretamente os organismos a nível específico. Dessa maneira, estabelecidas as espécies e as características ecológicas de cada uma, surgirá naturalmente um banco de dados como chave do(s) índice(s) a ser(em) proposto(s). Esses índices podem ser diferentes e usarem raciocínios matemáticos diferentes, mas devem produzir o mesmo resultado, como já se tem observado na literatura especializada.

Do exposto, fica evidente o quanto se ganha em um trabalho ecológico ao proceder-se a uma correta identificação dos organismos. Como mostrado no início, é uma tendência natural do homem organizar e agrupar o que o cerca usando critérios de semelhança. O ecólogo lida o tempo todo com isso quando tenta interpretar as inter-relações dos seres vivos e destes com o ambiente. A partir de amostras significativas, ele reúne uma grande quantidade de dados biológicos e abióticos, o que o faz lançar mão de ferramentas que sintetizem as informações e facilitem suas interpretações. Como para separar, agrupar e ordenar é necessário estabelecer semelhanças e diferenças, essas semelhanças e diferenças nada mais são do que saber distinguir as diferentes populações que devem ser, dessa maneira, identificadas em nível específico ou até inferior (variedade ou forma) para depois serem ordenadas em relação aos gradientes ambientais.

Exemplo de Aplicação

A Tab. 1 mostra a lista de espécies de Euglenophyceae provenientes de um ambiente eutrófico e a de um ambiente oligotrófico com influência de um rio. Ambas as listas exibem grande semelhança em termos de gêneros pois, dos 5 gêneros presentes em ambas (*Euglena*, *Lepocinclis*, *Phacus*, *Strombomonas* e *Trachelomonas*), 4 são comuns, o que dá a impressão de que existe alta similaridade entre os ambientes em relação a essas algas. Se ocorrem em ambientes que apresentam condições ecológicas tão diversas, não podem ser tomados como indicadores, a não ser que *todos* os representantes desses gêneros tenham alta tolerância ao gradiente de concentração de nutrientes, o que é pouco provável. Mas se considerarmos agora as espécies que compõem cada um dos gêneros, o enfoque da análise passa a ser outra. Existem apenas 7 espécies comuns e, além disso, uma delas, *Euglena* sp, está identificada a nível genérico e quase nada se pode concluir a respeito dela. As outras 6 espécies restantes representam apenas cerca de 17% do total (35), o que indica baixa similaridade de espécies que é, na verdade, o esperado. As espécies comuns a ambos, *Lepocinclis fusiformis*, *L. ovum*, *Phacus contortus*, *P. longicauda*, *R. tortus* e *Trachelomonas similis*, por serem minoria, podem ser consideradas algas adaptadas a amplas faixas de condições ecológicas, como baixa ou alta concentração de nutrientes. Essa informação poderá ser complementada através de estudos fisiológicos com as espécies em questão, pelos quais verificar-se-á os pontos ótimos de crescimento de cada espécie em relação às variáveis ambientais envolvidas.

Uma próxima etapa nessa linha de raciocínio é verificar a questão das abundâncias e frequências das espécies para se saber se são ocasionais ou se ocorrem apenas em um período considerável de tempo, suficiente para caracterizar o ambiente, ou são apenas eventos advindos de artefatos criados pelos próprios dados, isto é, não são dados estáveis. Sem sombra de dúvida, isso conduzirá o pesquisador a conhecer e entender o funcionamento do próprio ambiente e verificar a existência de períodos em que suas condições ecológicas se assemelhem, justificando a presença de espécies comuns. Esse tipo de resposta pode vir, por exemplo, com a análise fatorial de componentes principais (ACP), ou de correspondência, que irão evidenciar locais ou períodos de maior ocorrência de determinadas espécies em função da maior correlação dessas com algumas variáveis ambientais. No caso do exemplo em questão, o autor encontrou, através de uma ACP, forte correlação positiva das Euglenophyceae com o período chuvoso. Sendo o ambiente uma lagoa marginal do Rio Mogi-Guaçu, recebe suas águas ricas em nutrientes durante o período das enchentes (chuvoso) o que propicia o surgimento de espécies típicas de ambientes que já tenham essa riqueza em nutrientes sem a necessidade de eventos externos.

Vê-se então que o ciclo se fecha, ou seja, aquele laborioso processo de identificação de cada espécie de uma amostra acaba por produzir uma grande quantidade de informações que seriam simplesmente perdidas se os indivíduos das amostras fossem apenas classificados ao invés de identificados.

CONCLUSÃO

Na Introdução deste trabalho foi feito um duplo questionamento que agora pode ser satisfatoriamente respondido e entendido: a *classificação* dos organismos tem fim? Não! Então, porque se preocupar em saber *como* eles estão ordenados na Natureza? Porque senão tentarmos conhecer o melhor possível esta "ordenação misteriosa", não conseguiremos avançar no entendimento dos fenômenos naturais.

Assim, a classificação, a identificação, a nomenclatura, ou seja, a TAXONOMIA, sempre tem que buscar o contínuo aperfeiçoamento para não só cuidar da sua finalidade intrínseca, mas também para poder cada vez mais e melhor servir como apoio, base, ferramenta, para os diversos campos da Ciência.

Tabela 1: Listas de espécies de Euglenophyceae provenientes de dois ambientes com diferentes graus de trofia. ◇ = indica as espécies comuns a ambos os ambientes.

Reservatório eutrófico (Silva, 1995)	Lagoa marginal com influência do rio (Dias-Júnior, 1990)
1 <i>Euglena sp.</i> ₁ ◇	1 <i>Euglena acus</i> var. <i>longissima</i>
2 <i>Euglena sp.</i> ₂	2 <i>E. ehrenbergii</i>
3 <i>Lepocinclis fusiformis</i> ◇	3 <i>E. oxiuris</i>
4 <i>L. ovum</i> ◇	4 <i>E. spirogyra</i>
5 <i>Phacus contortus</i> ◇	5 <i>Euglena sp.</i> ◇
6 <i>P. longicauda</i> ◇	6 <i>Lepocinclis caudata</i>
7 <i>P. pleuronectes</i> ◇	7 <i>L. fusiformis</i> ◇
8 <i>P. tortus</i> ◇	8 <i>L. ovata</i>
9 <i>Trachelomonas armata</i>	9 <i>L. ovum</i> ◇
10 <i>T. armata f. inevoluta</i>	10 <i>L. ovum</i> var. <i>butschlii</i>
11 <i>T. cervicula</i>	11 <i>L. salina</i>
12 <i>T. raciborskii</i>	12 <i>Phacus contortus</i> ◇
13 <i>T. similis</i> ◇	13 <i>P. longicauda</i> ◇
14 <i>T. volvocina</i>	14 <i>P. orbiculares</i>
	15 <i>P. stokesii</i>
	16 <i>P. suecicus</i>
	17 <i>P. tortus</i> ◇
	18 <i>Phacus sp.</i>
	19 <i>Strombomonas gibberosa</i>
	20 <i>S. ovalis</i>
	21 <i>S. verrucosa</i>
	22 <i>Trachelomonas acanthophora</i>
	23 <i>T. armata</i> var. <i>gordeievi</i>
	24 <i>T. armata</i> var. <i>longispina</i>
	25 <i>T. armata</i> var. <i>steinii</i>
	26 <i>T. caudata</i>
	27 <i>T. hispida</i>
	28 <i>T. hispida</i> var. <i>duplex</i>
	29 <i>T. lemmermanii</i>
	30 <i>T. magdaleniana</i>
	31 <i>T. megalachanta</i>
	32 <i>T. similis</i> ◇
	33 <i>T. volvocinopsis</i>
	34 <i>Trachelomonas sp.</i>

Por outro lado, ao examinarmos as novas abordagens científicas que vão surgindo, como a biodiversidade, ou os inúmeros, amplos e diferentes aspectos fisiológicos, bioquímicos e limnológicos das algas ou ainda o papel sanitário e social das algas tóxicas, assunto tão moderno, atual e, infelizmente, mortífero como se viu no episódio de Caruaru, nada disso pode ser convenientemente entendido sem o conhecimento adequado dos organismos ao nível *específico*.

Enfim, a correta identificação dos organismos fitoplanctônicos leva a poder utilizar diferentes índices de diversidade e similaridade com resultados confiáveis, o que é útil para expressar e entender o significado ecológico da complexa associação de espécies encontrada em um determinado ambiente. Esses e outros índices são também úteis na composição de tabelas, que possuem grande capacidade de síntese, usadas nas diversas etapas da análise multivariada de dados, procedimento cada vez mais difundido entre os pesquisadores que adotam o ecossistema e as comunidades bióticas como unidades de estudo. A partir da aplicação desses recursos estatísticos aliados à correta identificação das espécies fitoplanctônicas, são fornecidos os subsídios para uma interpretação adequada do funcionamento dos ecossistemas.

AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos à Dr^a Célia Leite Sant'Anna, Dr^a Maria Teresa de Paiva Azevedo, Dr^a Célia Maria Piva Cabral Senna, Prof^a Dr^a Christina Wiss Castelo Branco e à aluna Srta. Patrícia Bortoletto de Falco, pela leitura crítica do manuscrito e sugestões e à Prof^a Myrian Noland Costa pela correção do Inglês do "abstract".

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anagnostidis, K. & Komárek, J. 1985. Modern approach to the classification system of Cyanophyta, 1- Introduction. *Algological Studies*, 7 (1/2): 29-302.
- Anagnostidis, K. & Komárek, J. 1988. Modern approach to the classification system of Cyanophyta, 3- Oscillatoriales. *Algological Studies*, 80 (1-4): 327-472.
- Anagnostidis, K. & Komárek, J. 1990. Modern approach to the classification system of Cyanophyta, 5- Stigonematales. *Algological Studies*, 59: 1-73.
- Branco, C.W.C. & Senna, P.A.C. 1996. Phytoplankton composition, community structure and seasonal changes in a tropical reservoir (Paranoá Reservoir, Brazil). *Algological Studies*, 81: 69-84.
- Dias-Júnior, C. 1990. *Ciclo anual do fitoplâncton e algumas variáveis ambientais na Lagoa do Infernã (SP)*. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos. 108 p. (Dissertação)
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. 1986. Modern approach to the classification system of Cyanophytes, 2- Chroococcales. *Algological Studies*, 73(2): 157-226.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. 1989. Modern approach to the classification system of Cyanophytes, 4- Nostocales. *Algological Studies*, 82(3): 247-345.
- Lawrence, G.H.M. 1973. *Taxonomia das plantas vasculares*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, vol. 1, 298 p.
- Lobo, E.A.; Katoh, K. & Aruga, Y 1995. Response of epilithic diatom assemblages to water pollution in rivers in the Tokyo metropolitan area, Japan. *Freshwater Biology*, 34: 19-204.
- Odum, E.P. 1988. *Ecologia*. Editora Guanabara S.A., Rio de Janeiro, 434 p. Pielou, E.C. 1975. *Ecological diversity*. John Wiley and Sons, New York, 165 p.
- Raschke, R.L. 1993. Diatom (Bacillariophyta) community response to phosphorus in the Everglades National Park, USA. *Phycologia*, 32(1): 48-58.
- Sabater, S. & Roca, J.R.B. 1990. Some factors affecting distribution on diatom assemblages in Pyrenean Springs. *Freshwater Biology*, 24: 493-507.
- Schäfer, A. 1985. *Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais*. Porto Alegre: Ed. da Universidade, UFRGS, 532 p.
- Shannon, C.E. & Weaver, W. 1963. *The mathematical theory of communication*. Urbana, Univ. of Illinois Press, 173 p.
- Silva, L.H.S. 1995. *Variabilidade temporal na estrutura da comunidade fitoplanctônica de um reservatório eutrófico - Lago Monte Alegre, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil*. Curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Botânica), UFRJ, 142 p. (Dissertação)
- Valentin, J.L. 1995. Agrupamento e Ordenação. *Oecologia Brasiliensis*, 2: 27-55.