

IMPORTÂNCIA, ESTRUTURA E DINÂMICA DA COMUNIDADE PERIFÍTICA NOS ECOSISTEMAS AQUÁTICOS CONTINENTAIS

MOSCHINI-CARLOS, V.

Universidade Federal do Maranhão, Departamento de Oceanografia e Limnologia
Praça Gonçalves Dias, 21 - Centro, 65020-240, São Luís, Maranhão, Brasil

RESUMO: Importância, estrutura e dinâmica da comunidade perifítica nos ecossistemas aquáticos continentais. Perifiton é definido como uma complexa comunidade de microrganismos (algas, bactérias, fungos e animais), detritos orgânicos e inorgânicos aderidos a substratos orgânicos ou inorgânicos, vivos ou mortos. Constitui-se em importante base alimentar para as cadeias tróficas. As algas perifíticas são excelentes bioindicadores da qualidade da água e de seu estado trófico, tendo a capacidade de acumular substâncias poluentes como inseticidas, herbicidas e fungicidas, metais pesados e materiais orgânicos. A estrutura da comunidade perifítica é representada pela composição de organismos e pela sua arquitetura. A composição diz respeito ao conjunto de organismos e aos detritos orgânicos e inorgânicos presentes em sua bioderma. A arquitetura representa o arranjo espacial destes componentes nesta camada. O processo de colonização nesta comunidade é influenciado diretamente pelas condições ambientais, bem como pela competição interespecífica por alimento e espaço que ocorrem em escalas de tempo pequenas (horas ou dias).

Palavras-chaves: perifiton; substratos artificial e natural; água doce

ABSTRACT: Importance, structure and dynamics of the periphytic community in the freshwater aquatic ecosystem. Periphyton is defined as a complex microorganisms community (algae, bacteria, fungi, animals), organic and inorganic detritus that is attached to dead or living, organic or inorganic substrata. It is constituted as an important food for the trophic chains. The periphytic algae are an excellent bioindicators of the quality of the water and of its trophic state. They also have the capacity to accumulate pollution substances as insecticides, herbicides and fungicides, heavy metals and organic matter. The structure of the periphytic community is represented by the organisms composition and by its architecture. The composition is related to the group of organisms and to the organic and inorganic detritus found in the bioderm. The space arrangement of these components is related the architecture. The colonization process in this community is directly influenced by the environmental parameters. Furthermore, the interespecific competition for food and space also that happen in small scales of time (hours or days).

Key words: periphyton; artificial and natural substratum; freshwater.

INTRODUÇÃO

A história da terminologia associada as comunidades microbianas aderidas aos substratos, é longa e cheia de inconsistências e redundâncias (Wetzel, 1983a). Isto se deve a variada natureza dos substratos e organismos componentes.

Um dos primeiros termos para designar o perifiton foi "sésil". O termo alemão "Aufwuchs" (crescer sobre) foi utilizado por Seligo em 1905, referindo-se a organismos fixos que não penetram no substrato (Cooke, 1956). Segundo o mesmo autor, perifiton foi utilizado pela primeira vez por Behning em 1924, para definir os organismos aderidos a substratos artificiais na água. Posteriormente, foi estendido para todos os organismos aquáticos que crescem em superfícies submersas.

De acordo com Sládecková (1962), perifiton designa a comunidade que vive aderida a um substrato. O perifiton "verdadeiro" é composto de organismos fixos, imóveis e adaptados à vida sésil através de rizóides, pedúnculos gelatinosos, entre outros órgãos de fixação. O "pseudo" perifiton, é constituído de organismos frouxamente aderidos, que vivem associados sem fixar-se ao substrato.

Wetzel (1981) descreve vários termos para discriminar as algas perifíticas de acordo com os substratos, segundo a proposição inicial de Round (1964): algas epipélicas (flora que se desenvolve nos sedimentos), algas epilíticas (que vivem sobre as superfícies de rochas ou pedras), algas epífitas (que crescem sobre a superfície de macrófitas aquáticas), algas epizóicas (que se desenvolvem sobre superfícies animais), algas epipsâmicas (organismos bastante específicos que vivem sobre a areia). Muitos outros termos, também são encontrados na literatura para designar esta comunidade (Cooke, 1956; Sládecková, 1962; Round, 1964; 1965).

De maneira a padronizar a terminologia no 1º Workshop Internacional sobre comunidade aderida nos ecossistemas aquáticos ficou definido que perifiton é o termo mais adequado, e foi definido como uma complexa comunidade de microrganismos (algas, bactérias, fungos e animais), detritos orgânicos e inorgânicos aderidos a substratos inorgânicos ou orgânicos vivos ou mortos (Wetzel, 1983a).

IMPORTÂNCIA DO PERIFÍTON

Os trabalhos desenvolvidos com as comunidades perifíticas são particularmente direcionados aos estudos da estrutura e da importância no metabolismo dos ecossistemas aquáticos.

O componente mais estudado do perifiton é a alga, considerado importante produtor primário dos ecossistemas aquáticos. Em alguns ambientes a fração algal do perifiton chega a contribuir com cerca de 90% da produção primária total (Wetzel, 1990). As taxas de produção primária das algas dependem da área do substrato disponível para a colonização, das características dos substratos, das condições físicas e químicas da água, da morfometria dos sistemas aquáticos, etc.

O perifiton é uma importante base alimentar para as cadeias tróficas. Rico em proteínas, vitaminas e minerais constitui em importante alimento para muitos organismos aquáticos, especialmente alguns peixes de importância econômica, como o *Phaloceros reticulatos magdalenae* (bocachio), que raspa as superfícies das plantas onde o perifiton cresce. Outras espécies como o *Pseudoancistrus* sp e o *Ancistrus* sp, raspam os substratos rochosos. Também foram observados alimentando-se do perifiton aderido a substratos artificiais peixes como tainha (*Mugil* sp), tilápia (*Oreochromis* sp) e acará (*Geophagus* sp) (Pérez, 1992). Este autor sugeriu que a implementação de substratos artificiais em ambientes carentes de substratos naturais, poderia aumentar sua produtividade piscícola. O perifiton também serve como alimento para vários grupos de insetos como os Blephariceridae e os Ephemeroptera e para a fauna bentônica como os quironomídeos. Putz (1997) observou diatomáceas perifíticas sofrendo pressão alimentar por vários invertebrados, num igapó do Rio Negro (Amazônia). Segundo esse autor, as diatomáceas são consumidas seletivamente de acordo com a espécie e o tamanho.

Com efetiva participação na reciclagem dos nutrientes inorgânicos a quase totalidade da produção fotossintética é mineralizada continuamente na bioderme perifítica (Sand-Jensen, 1983).

As algas perifíticas são excelentes bioindicadores da qualidade da água e de seu estado trófico, devido a capacidade de acumular grandes quantidades de substâncias nutrientes poluentes como inseticidas, herbicidas e fungicidas, metais pesados e materiais orgânicos (Sládecková, 1962; 1991), e substâncias radioativas (Neal, 1967). Desta forma, a bioderma perifítica também pode ser utilizada no pré-tratamento de água potável e de efluentes industriais (Sládecková, 1991; 1994). No entanto, seu intenso crescimento pode causar prejuízos como problemas de vedação de filtros em estações de tratamento de água, caixas d'água, corrosão de comportas em hidroelétricas (Sládecková, 1962; Chamixaes, 1990).

Segundo Wetzel (1983c), deve-se ter precauções em relação ao papel do perifiton no controle da qualidade da água. O autor detalhou uma série de itens importantes que devem ser considerados como:

- a) a função do perifiton nos ecossistemas aquáticos, particularmente o lótico não está suficientemente definida;
- b) é necessária uma análise do perifiton tanto em substratos naturais como artificiais para uma avaliação da qualidade da água. A aplicação de organismos indicadores no processo de análise da qualidade da água ainda é muito subjetiva. Relações de causa e efeito entre os organismos animais e vegetais presentes na comunidade não estão adequadamente definidas;
- c) existe uma lacuna nas pesquisas de perifiton para o manejo da água, higiene e projetos ambientais;
- d) a utilização do perifiton para o estudo da qualidade da água é subestimada;
- e) a aplicação de diferentes metodologias pode causar divergências entre e na interpretação dos resultados obtidos, podendo fornecer informações contraditórias.

OS DIFERENTES TIPOS DE SUBSTRATOS

Para o estudo da comunidade perifítica são utilizados substratos artificiais e naturais vivos ou mortos. Existem muitos problemas com relação as técnicas de coletas, amostragem e tratamento das amostras, sendo quase impossível separar os componentes da comunidade perifítica. Desta forma, as medidas de biomassa, produção, entre outras, são relativas a comunidade como um todo.

A utilização de substratos artificiais apresenta uma série de vantagens, destacando-se: a) superfície uniforme; b) facilidade de determinação da área colonizada e da extração do material aderido; c) programação do tempo de exposição do substrato para a realização de estudos de sucessão; d) realização de estudos comparativos do grau de eutrofização dos sistemas aquáticos, eliminação dos processos de fotossíntese, respiração e excreção das plantas hospedeiras, entre outros (Panitz, 1980). Vários tipos de substratos artificiais são utilizados, entre eles destacam-se lâminas e tubos de vidro e acrílico.

Aloi (1990) sugere várias recomendações para a utilização dos diferentes tipos de substratos: a) a amostragem do perifiton em substrato natural é mais precisa do que em substrato artificial, em relação as medidas de biomassa, produtividade primária ou composição de espécies; b) o uso de substrato artificial é mais indicado para projetos experimentais, c) é importante incluir descrições acuradas dos métodos utilizados, para comparações futuras nos estudos de diferentes sistemas.

Embora a literatura não aconselhe, muitos estudos foram realizados comparando as comunidades aderidas ao substratos artificial e natural.

Diferenças no padrão sazonal do crescimento da comunidade perifítica em substratos artificiais, quando comparados com os naturais, foram observadas por Tippet (1970). Esse autor encontrou duas vezes mais espécies de diatomáceas crescendo no substrato natural, atribuindo esta diferença à seletividade do substrato (lâminas de vidro).

Cattaneo & Kalf (1979) afirmam que o substrato natural (*Potamogeton richardsonii*) quando comparado com o artificial (planta de plástico), atua como substrato neutro (inerte). No entanto, observaram que as algas crescendo em plantas naturais são menos limitadas pelo fósforo do que aquelas que crescem sobre a planta de plástico.

Uma baixa densidade de algas foi encontrada em substrato artificial (lâminas de vidro) quando comparada às observações em substrato natural (macrófita aquática) (Brown, 1976). Este autor verificou que as espécies firmemente aderidas apresentam maiores densidades do que as algas filamentosas e as frouxamente aderidas nas lâminas de vidro. Silver (1977) em experimento semelhante ao anterior não encontrou nenhuma relação específica nas diatomáceas presentes em diferentes espécies de macrófitas aquáticas, mas observou que o perifiton aderido nessas plantas foi distinto daquele observado no substrato artificial.

Em um estudo realizado sobre a estrutura da comunidade perifítica em substratos artificiais (vidro e alumínio) e naturais (macrófitas aquáticas), Tuchman & Blinn (1979) observou que as algas perifíticas nos substratos naturais foram muito similares entre si.

A influência do hospedeiro na determinação da composição da comunidade perifítica, é maior em lagos pouco férteis, mas, com o progressivo aumento de fertilidade da água, os fatores ambientais tornam-se mais importantes (Eminson & Moss, 1980). Segundo esses autores o suprimento de nutrientes entre o hospedeiro e as algas perifíticas tende a diminuir com o aumento do grau de trofia da água. Desta forma, o grau de especificidade do perifiton com o hospedeiro, também pode estar relacionado com a trofia do sistema aquático.

A importância das macrófitas aquáticas na origem de nutrientes para as algas perifíticas em ambientes oligotróficos e mesotróficos é sugerida por Burkholder & Wetzel (1989).

Goldsborough & Hickman (1991) realizaram estudos comparativos da biomassa algal em relação à estrutura da comunidade nos talos cilíndricos de *Sáirpus validus* e em um substrato artificial com morfologia similar, mas quimicamente inerte (tubos cilíndricos de acrílico). Os autores concluíram que em 2 lagos eutróficos, o substrato artificial não funciona como imitação do substrato natural. Sugerem que a menor biomassa encontrada no perifiton aderido ao substrato natural, deve-se provavelmente à excreção de substâncias alelopáticas pela planta.

Portanto, muitos estudos comparativos tem demonstrado que o perifiton que cresce em substrato artificial é significativamente diferente do encontrado em substrato natural, estabelecendo muita controvérsia sobre a existência de diferenças entre a composição de espécies, estrutura e o metabolismo das comunidades. A importância das macrófitas aquáticas (hospedeiro) na dinâmica de nutrientes das algas perifíticas também tem sido muito discutida.

ESTRUTURA DA COMUNIDADE PERIFÍTICA

A estrutura da comunidade perifítica é representada pela composição de organismos e pela arquitetura. A composição diz respeito ao conjunto de organismos e aos detritos orgânicos e inorgânicos presentes em sua bioderme. A arquitetura está relacionada ao arranjo espacial destes componentes nesta camada (Wetzel, 1983c).

O estudo da arquitetura do perifiton requer a consideração de alguns aspectos como: a) o conhecimento da taxonomia das espécies constituintes; b) a quantificação da biomassa dos indivíduos presentes; c) o desenvolvimento de métodos padrões para amostrar a comunidade em diferentes substratos.

Em geral, a maior parte dos componentes do perifiton são as algas, as quais representam a base produtiva desta comunidade. A composição de espécies depende das condições hidrológicas, do estado trófico da água e da natureza e qualidade do substrato (composição química, rugosidade, etc.).

Watanabe (1985) realizou um estudo sobre a relação do perifiton e a qualidade química da água de rios no sul da França (Toulouse). Segundo essa pesquisadora a composição das algas perifíticas está intimamente relacionada com a qualidade trófica da água. A autora verificou que algumas espécies de algas são próprias de ambientes oligotróficos e outras de eutróficos. Assim, as algas podem funcionar como indicadores biológicos. A autora concluiu que a contaminação química impede o desenvolvimento da maioria das algas, sendo as mais tolerantes *Oscillatoria* sp e *Characium* sp. As algas como *Ceratoneis arcus*, *Diatoma hiemale*, *Cosmarium* sp, *Fragillaria* sp, *Achnanthes pinnata*, *Dictyosphaerium* sp, desenvolvem-se bem em meios oligotróficos e oxigenados. Nos ambientes mais eutróficos

predominaram *Navicula cryptocephala*, *Amphora ovalis*, *Nitzschia hungarica*, *Melosira varians*, *Microspora* sp, *Navicula radiosa*, *Navicula gracilis*, *Achnanthes lanceolata*, *Oedogonium* sp, *Chlamydomonas* sp, *Nitzschia* sp, *Gomphonema parvalum*, *Amphora perpusilla*, *Scenedesmus* sp, *Nitzschia aciculares*, *Nitzschia palea*. Nos ambientes intermediários a autora agrupa as algas como *Cyclotella meneghiniana*, *Dictyosphaerium* sp, *Euglena* sp, *Gomphonema truncatum*, *Merismopedium* sp, *Ceratoneis arcus*, *Selenastrum* sp, *Characium* sp, *Closterium* sp, *Navicula* sp.

Para a classificação do perifiton, podem ser utilizados índices biológicos simples baseados no peso seco, clorofila *a* e matéria orgânica, que definem de modo geral, a estrutura e a produtividade desta comunidade. Moschini-Carlos & Henry (1997) calcularam índices biológicos baseados na biomassa (peso seco, conteúdo em cinzas e clorofila *a*), no perifiton em substratos artificial e natural, em experimentos numa lagoa marginal na zona de desembocadura do rio Paranapanema, na represa de Jurumirim (SP). Os autores verificaram que em ambos os substratos a comunidade perifítica apresentou alternâncias entre o seu conteúdo inorgânico e orgânico, sendo caracterizada como do tipo hetero-autotrófica e heterotrófica.

Em relação a arquitetura das algas perifíticas existe uma coerência estrutural ou continuidade arquitetural, podendo ocorrer relações específicas (Ross, 1983). Como exemplo, destacam-se o desenvolvimento de algumas espécies de algas sobre outras e de fungos em algas.

Segundo Chamixaes (1991), as espécies de *Oedogonium* com crescimento intercalar podem apresentar áreas cobertas e descobertas por diatomáceas, mas nas células jovens esse epifitismo não ocorre. A autora observou tufo de diatomáceas e grandes agregados de *Chamaesiphon* crescendo sobre os filamentos de *Oedogonium*. *Spirogyra* também mostrou-se bastante epifitada por *Gomphonema parvalum*, onde estas algas formavam longos pedúnculos gelatinosos sobre os talos desta espécie de clorófitas filamentosa.

Um trabalho clássico sobre a estrutura das algas epífitas, através de microfotografias eletrônicas foi realizado por Wetzel & Likens (1973). O estudo foi desenvolvido em uma fina camada do perifiton crescendo sobre a macroalga *Chara* sp e a macrófita *Potamogeton natans*. Estes autores observaram que as diatomáceas se mantêm no substrato por uma matriz trançada (formada principalmente por pedúnculos gelatinosos de substâncias mucóides, complexos orgânicos de origem bacteriana e algal).

Algumas algas como diatomáceas e cianobactérias podem apresentar-se aderidas diretamente na superfície do substrato mediante pedúnculos gelatinosos simples ou ramificados.

Hoagland et al. (1982) descreve a morfologia das algas presentes na bioderma perifítica e suas interações dentro da comunidade. As espécies aderidas de forma prostrada, como *Navicula menisculus*, produzem fios de ligação que se estendem da valva marginal ao redor de cada célula, resultando em uma confluência de colônias. Estas ligações através de fios são comuns em diatomáceas epífitas como *Cocconeis scutellum*, *C. placentula* e *Amphora*. Diatomáceas formando rosetas como *Synedra*, *Nitzschya* e *Fragillaria* apresentam-se aderidas apicalmente através de pequenos pés mucilaginosos. No gênero *Synedra* estes pés saem através de poros especiais.

É importante frisar que a composição florística do perifiton é determinada pela sazonalidade e pelo tempo de colonização. Casco & Toja (1994) realizando um estudo da distribuição e interação das comunidades algais em um reservatório, observaram que as algas possuem várias estratégias adaptativas, resultado da habilidade de cada espécie em responder aos fatores ambientais. As autoras encontraram diatomáceas penais monorrafídeas e birrafídeas, fazendo parte da flora estritamente perifítica, enquanto que as cêntricas fizeram parte da flora planctônica, passando parte de seu ciclo de vida no sedimento ou como metafiton.

As diatomáceas penais comparadas com as cêntricas possuem uma melhor adaptação morfológica para aderir à bioderma perifítica (Casterlin & Reynolds, 1977; Ho, 1979; Chamixaes, 1991).

Segundo Acs & Kiss (1993b), durante a evolução filogenética, as algas perifíticas têm adotado diversificadas estratégias de adesão para sobreviver em águas com diferentes velocidades de corrente. Por exemplo, as Achnantheaceae possuem várias estratégias de aderência ao substrato. Podem aderir-se através da rafe (*Achnanthes linearis*, *A. lanceolata* e *A. plonensis*) ou através de fios mucilaginosos secretados pelo poro apical (*A. minutissima*), permitindo um maior alcance de luz e nutrientes (Casco & Toja, 1994). *Navicula* e *Nitzschia* são diatomáceas móveis, pois não produzem pedúnculos de adesão.

Aparentemente, elas tem uma adesão fraca ao substrato, podendo ser removidas pela ação de distúrbios freqüentes (Stevenson & Peterson, 1989; Peterson & Hoagland, 1990).

Stevenson et al. (1991) assinalam que em rios, *Achnanthes minutissima* é uma imigrante rápida e hábil em manter taxas de crescimento positivas, durante os estágios finais de sucessão. *A. minutissima* é cosmopolita, sendo encontrada no perifiton em entre 1,0 a 5,0 m de profundidade nos lagos (Stockner & Armstrong, 1971). Esta espécie também foi registrada como dominante nos substratos presentes em águas rasas (Roemer et al., 1984).

A abundância relativa das diatomáceas pioneiras diminuiu com o aumento do tempo de colonização. Geralmente são arrafídeas e birrafídeas e de tamanho relativamente grande (Stevenson & Peterson, 1989). As espécies maiores apresentam vantagem durante a imigração, pois podem estabelecer-se mais rapidamente no substrato.

Cymbella, *Gomphonema*, *Synedra* e *Eunotia* possuem importantes estruturas de adaptação, como pedúnculos gelatinosos formando rosetas, que secretam mucilagem para permitir uma melhor aderência ao substrato (Hoagland et al., 1982). Estas adaptações permitem às algas alcançarem a interface bioderme – água na matriz perifítica, onde existe maior disponibilidade de luz e nutrientes (Hudon & Legendre, 1987).

Um dos poucos trabalhos relacionados com a determinação da estrutura trófica do perifiton foi realizado por Pieczynska (1970). Esta autora estudou o perifiton presente em plantas emergentes de 5 lagos na Mazurian (Polônia) com diferentes características de trofia e descreveu a existência de 3 tipos tróficos. Para a identificação desses tipos, a autora realizou análise da composição qualitativa e quantitativa das espécies e da biomassa das formas vegetais e animais componentes da bioderme. Os 3 tipos tróficos encontrados foram: 1) tipo autotrófico: caracterizado pela dominância de formas vegetais (mais de 90% da biomassa da comunidade é composta de algas); 2) tipo autotrófico-heterotrófico: os organismos vegetais e animais ocorrem em quantidades similares; 3) tipo heterotrófico: as formas animais dominam em mais de 90% da biomassa da comunidade.

DINÂMICA DA COMUNIDADE PERIFÍTICA

A estrutura do perifiton é fundamentada na interpretação de suas características funcionais. O perifiton funcionalmente é um microcosmo que inclui processos internos autotróficos e heterotróficos, ocorrendo simultaneamente em sua bioderme (Wetzel, 1983c). Sua dinâmica deve ser mensurada utilizando-se escalas de tempo apropriadas às taxas de mudanças na estrutura da comunidade como a composição de espécies e biomassa.

Essa comunidade tem uma estrutura particular e o processo de mudança com o tempo é denominado de sucessão. Para Odum (1986) a sucessão ecológica nos ecossistemas envolve mudanças na estrutura de espécies e nos processos da comunidade ao longo do tempo. O autor propôs a realização de estudos de sucessão ecológica do perifiton em substratos artificiais em um pequeno intervalo de tempo (algumas semanas), a fim de observar o estabelecimento desta comunidade, desde o estágio inicial até o clímax.

As características estruturais da comunidade perifítica como a riqueza de espécies, diversidade, etc., atingem valores máximos nos estádios maduros da sucessão, dependendo das condições do meio, das estações do ano e das características adaptativas das espécies colonizadoras. Apesar da aparente heterogeneidade da estrutura da comunidade perifítica, é provável a ocorrência de padrões generalizados de colonização e sucessão espacial e temporal (Wetzel, 1983c). As variações espaciais e temporais na composição e arquitetura de espécies devem ser analisadas considerando-se o estabelecimento dos componentes bacterianos e fungos (estágios iniciais); a relação entre as algas unicelulares e coloniais; as algas filamentosas (incluindo suas epífitas) e bactérias e os detritos inorgânicos e orgânicos (células vivas e senescentes do substrato, importados de outras comunidades) (Wetzel, op. cit.).

As bactérias são invariavelmente os primeiros organismos colonizadores, com o tempo de colonização variando de algumas horas até alguns dias. Após as bactérias, as algas rapidamente aderem-se na bioderme perifítica. A rica camada de bactérias e algas favorece o aparecimento de vários grupos de protozoários. Nos estágios tardios de colonização são observados macroinvertebrados (Godinho-Orlandi & Barbieri, 1983). Durante o processo de sucessão ocorre uma seqüência de organismos que modificam as propriedades da superfície, tornando-a um habitat mais favorável para as formas colonizadoras subseqüentes.

Existe muita discussão sobre os processos de desenvolvimento na comunidade de algas perifíticas, principalmente quando comparado com o processo sucessional nos vegetais superiores.

Hoagland et al. (1982) são favoráveis à similaridade nos processos de sucessão de vegetais terrestres e perifiton, pois várias evidências sugerem que na comunidade perifítica ocorrem microsucedões. A principal delas é uma colonização unidirecional com uma seqüência de espécies definidas no tempo. De modo geral, nos processos de colonização em substratos de vidro, os autores observaram inicialmente a formação de uma camada orgânica, seguida pela instalação de bactérias, diatomáceas oportunistas (com estruturas morfológicas simples), diatomáceas em forma de rosetas e longos pedúnculos e, algas verdes filamentosas. Segundo estes autores, o grau de desenvolvimento da comunidade foi ditado pelas condições ambientais, ou seja, pela sazonalidade do ambiente. Lobo & Buselato-Tonioli (1985) realizando um estudo sobre a comunidade perifítica aderida em substrato inerte (vidro), no curso inferior do rio Caí (Rio Grande do Sul), também observaram que as algas colonizadoras iniciais foram as diatomáceas. As diatomáceas caracterizam-se por apresentarem amplas tolerâncias ecológicas, o que favorece uma adaptação rápida às condições locais.

Em relação ao processo de colonização da comunidade de algas perifíticas, Stevenson et al. (1991) discordam da teoria de que a colonização ocorre de maneira análoga à dos vegetais terrestres. Os autores observaram que o desenvolvimento de diatomáceas bênticas é decorrência de uma manifestação complexa de fatores abióticos e bióticos, afetando conseqüentemente, as características do microhabitat.

Moschini-Carlos (1996) utilizando tubos de vidro como substrato, não observou no processo de colonização uma seqüência sucessional de espécies de diatomáceas morfológicamente mais simples e menores para espécies morfológicamente mais complexas e maiores. A composição da comunidade perifítica no início da colonização foi dominada principalmente por diatomáceas grandes birrafídeas e arrafídeas, tal como observado por Stevenson & Peterson (1989).

Durante o processo de colonização das algas perifíticas ocorrem inúmeros processos ambientais e o número de algas aumenta com a imigração e reprodução e diminui com a emigração, mortalidade e herbivoria (Ács & Kiss, 1993a). No rio Danúbio os autores verificaram que durante os padrões temporais de colonização do perifiton houve períodos de colapso e de novas colonizações na estrutura de espécies, precedidos pelas mudanças ambientais.

A bioderme perifítica é limitada pelo substrato e pela água circundante e os processos metabólicos que ocorrem nesta camada são muito dinâmicos e rápidos. Segundo Esteves (1988), o processo de sucessão observado no perifiton de ecossistemas tropicais, é mais rápido do que o observado em regiões temperadas. Em regiões tropicais, as elevadas temperaturas e intensidades luminosas, aceleram esses processos e uma maior taxa de reciclagem de compostos ocorre nas populações.

TAXA DE CRESCIMENTO DAS ALGAS PERIFÍTICAS

A taxa de crescimento no perifiton é muito difícil de ser determinada, sendo medida indiretamente, através da biomassa das algas ou da atividade fotossintética. As mudanças na biomassa algal num determinado intervalo de tempo (B) é igual ao crescimento (CR) mais a colonização (C), menos as perdas devido a pastagem (P) ou a desaderência mecânica (D) (Sand-Jensen, 1983). A taxa de crescimento do perifiton em substrato artificial segue uma curva sigmóide, a parte inferior representa a colonização inicial do substrato e a parte superior o crescimento de uma comunidade madura.

Outros trabalhos utilizando diferentes tipos de substratos também verificaram o mesmo padrão.

Mais especificamente, podem ser descritas 3 fases durante o processo de colonização do perifiton: a fase inicial, a estacionária e a secundária. A fase inicial é caracterizada por um rápido crescimento (exponencial ou linear), refletindo em um aumento da biomassa da comunidade. Na fase estacionária a bioderme atinge um nível constante. Na fase secundária a biomassa declina (Sand-Jensen, 1983).

Durante a fase de crescimento inicial, o perifiton apresenta como principais características uma bioderme com estrutura relativamente simples, dominância de algas e bactérias com taxas de crescimento potencialmente altas, ausência de animais com tempos de geração longos e as mudanças com a água externa são mais importantes de que as transformações internas à comunidade. Na fase estacionária e secundária a bioderme perifítica apresenta uma maior complexidade de organismos, as transformações internas são relativamente mais importantes do que os processos de troca com a água externa e para ser determinada as taxas de crescimento é necessário acompanhar as mudanças na biomassa e quantificar as perdas por pastagem ou desaderência mecânica (Sand-Jensen, 1983).

O período de exposição para o desenvolvimento de uma comunidade perifítica madura e uniforme, varia segundo a trofia do ecossistema e sua sazonalidade.

Ho (1979), utilizando como substrato lâminas de acetato celulose, mostrou que na colonização inicial houve um rápido aumento na diversidade e riqueza de espécies de algas. O autor sugere que após 30 dias de colonização a comunidade perifítica está estável e madura. Também sugere que no processo de sucessão do perifiton, as trocas na diversidade das fases estacionárias e secundárias são atribuídas aos processos de competição, ao tamanho do substrato e aos nutrientes.

Panitz (1980), Soares (1981) e Cerrao et al. (1992) observaram que num período de 4 semanas a comunidade perifítica pode ser considerada uniforme e madura, devido o acúmulo de biomassa e ao padrão uniforme de colonização. Chamixaes (1991) sugere que a variação da biomassa do perifiton é muito influenciada pela sazonalidade do ambiente. Esta autora verificou que no verão o perifiton começou a se estabilizar após 3 semanas de exposição do substrato e no inverno após 4 semanas.

As condições ambientais influenciam diretamente o processo de sucessão, mas também são muito importantes a competição interespecífica por alimento e espaço que ocorrem em escalas de tempo pequenas (horas ou dias).

O aumento dos níveis de nutrientes pode acelerar o processo sucessional, ocasionando uma rápida e nova colonização de espécies, mudando a fisionomia da comunidade (algas de formas prostrada para algas filamentosas verdes e o aparecimento de diatomáceas com talos mucilaginosos para fixação).

As dificuldades para detectar quais são os fatores que regulam o crescimento das algas perifíticas deve-se principalmente: a) ao grande número de parâmetros envolvidos e seus efeitos combinados; b) a grande diversidade de habitats, c) a medição destes fatores ocorrem na água circundante e não na água intersticial da comunidade (Wetzel, 1983c).

As principais características físicas (turbulência, tipo do substrato, temperatura da água e luz), químicas (concentração de oxigênio dissolvido e nutrientes inorgânicos) e bióticas (condições do habitat e processos de competição) atuam diretamente nas comunidades epipélicas e epifíticas e estas comunidades respondem as estas influências (Wetzel, 1983c).

Muitos trabalhos salientam que o principal problema no estudo da estrutura e dinâmica da comunidade de algas perifíticas, é a dificuldade de discriminar a influência de cada uma das variáveis abióticas e bióticas (Ross, 1983; Müller, 1994) e avaliar a importância da especificidade do hospedeiro em relação ao perifiton.

Portanto, ainda são necessários muitos estudos experimentais para determinar e quantificar cada um dos fatores controladores, em particular na dinâmica da comunidade perifítica. Também devem ser implementados estudos fisiológicos, para quantificar com maior precisão a relação entre o hospedeiro e o perifiton.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acs, E. & Kiss, K.T. Colonization process of diatoms on artificial substrates in the River Danube near Budapest (Hungary). *Hydrobiologia*, 269/270: 307-315, 1993 a.
- Acs, E. & Kiss, K.T. Effects of the discharge on periphyton abundance and diversity in a large river (River Danube, Hungary). *Hydrobiologia*, 249: 125-133, 1993 b.
- Aloi, J.E. A critical review of recent freshwater periphyton field methods. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 47: 656-670, 1990.
- Brown, H.D. A comparison of the attached algal communities of a natural and an artificial substrate. *J. Phycol.*, 12: 301-306, 1976.
- Burkholder, J.M. & Wetzel, R.G. Epiphytic microalgae on natural substrata in a hardwater lake: seasonal dynamics of community structure, biomass and ATP content. *Arch. Hydrobiol. Suppl.*, 83, 1-56, 1989.
- Casco, M.A. & Toj a, J. The distribution and interaction of algal communities in reservoir. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, 40: 85-96, 1994.
- Casterlin, M.E. & Reynolds, W. W. Seasonal algal succession and cultural eutrophication in a north temperate lake. *Hydrobiologia*, 54(2): 99-108, 1977.
- Cattaneo, A. & Kalff, J. Primary production of algae growing on natural and artificial aquatic plants: a study of interactions between epiphytes and their substrate. *Limnol. Oceanogr.*, 24(6): 1031-1037, 1979.
- Cerrao, G.C., Moschini-Carlos, V .M., Santos & M.J., Rigolin, O. Efeitos do enriquecimento artificial sobre a biomassa de perifiton em tanques artificiais na represa do Lobo (Broa). *Rev. Bras. Biol.*, 51(1): 71-78, 1991.
- Chamixaes, C.B.C.B. *Variação temporal da biomassa, composição de espécies e produtividade das algas perifíticas relacionados com as condições ambientais de pequenos rios da bacia hidrográfica do Ribeirão do Lobo (Itirapina - SP)*. São Carlos, USP/EESC, 1991. 333 p. (Tese). Cooke, W.M.B. Colonization of artificial bare areas by microorganisms. *The Botanical Review*, 22(9): 613-638, 1956.
- Eminson, D. & Moss, B. The composition and ecology of periphyton communities in freshwaters. 1. The influence of host type and external environment on community composition. *Br Phycol. J.*, 15: 429-46, 1980.
- Esteves, F.A. *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro, Ed. Interciência/FINEP, 1988. 545p.
- Godinho-Orlandi M.J.L. & Barbieri, S.M. Observação de microrganismos perifíticos (bactérias, protozoários e algas) na região marginal de um ecossistema aquático. *An. Sem. Reg Ecol.*, 3: 135-155, 1983.
- Goldsborough, L.G. & Hickman, M. A comparison of periphytic algal biomass and community structure on *Sárpis validus* and on a morphologically similar artificial substratum. *J. Phycol.*, 27: 196-206, 1991
- Ho, S.C. *Structure, species diversity and primary production of epiphytic algal communities in the Schöhsee (Holtein), West Germany*. Alemanha, Universidade de Kiel, 1979. 306 p. (Ph D. Thesis).
- Hoagland, K.D.; Roemer, S.C. & Rosowski, J.R. Colonization and community structure of two periphyton assemblages, with emphasis on the diatoms (Baccilariophyceae). *Am. J. Bot.* 69: 188-213, 1982.
- Hudon, C. & Legendre, P. The ecological implications of growth forms in epibenthic diatoms. *J. Phycol.*, 23: 393-399, 1987.
- Lobo, E. & Buseleto-Toniolli, T.C. Tempo de exposição de um substrato artificial para o estabelecimento da comunidade do perifiton no curso inferior do Rio Caí, Rio Grande do Sul, Brasil. *Rickia*, 12: 35-51, 1985.
- Moschini-Carlos, V. *Dinâmica e estrutura da comunidade perifítica (substratos artificial e natural), na zona de desembocadura do rio Paranapanema, represa de Jurumirim-SP*. São Carlos-SP, PPG-ERN, 1996, 173p. (Tese).

- Moschini-Carlos, V. & Henry, R. Aplicação de índices para a classificação do perifiton em substratos natural e artificial, na zona de desembocadura do rio Paranapanema (represa de Jurumirim), SP. *Revta. Bras. Biol.* 57:(4): 655-663, 1997.
- Müller, U. Seasonal development of epiphytic algae on *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Sten. in a eutrophic lake. *Arch. Hydrobiol.*, 129 (3): 273-292, 1994.
- Neal, E.C.; Patten, B.C. & Depoe, C.E. Periphyton growth on artificial substrates in a radioactively contaminated lake. *Ecology*, 48(6): 918-924, 1967.
- Odum, E.P. *Ecologia. Rio de Janeiro*, Ed. Guanabara S.A., 1986. 434 p.
- Panitz, C.M.N. *Estudo comparativo do perifiton em diferentes substratos artificiais na Represa do Lobo ("Broa"), São Carlos - SP.* São Carlos-SP, UFSCar, Depto. de Ciências Biológicas, 1980. 224 p. (Dissertação).
- Pérez, G.R. *Fundamentos de limnologia neotropical.* Colombia, Universidad de Antioquia (Ed.), 1992. 529 p.
- Petterson, C.G. & Hoagland, K.D. Effects of wind-induced turbulence and algal mat development on epilithic diatom succession in a large reservoir. *Arch. Hydrobiol.*, 118: 47-68, 1990.
- Pieczynska, E. Littoral habitats and communities. In: *Guidelines of lake management.* S.E. Jorgensen and H. Löffler (Eds.), 3: 39-71, 1990.
- Putz, R. Periphyton communities in Amazonian black and whitewater habitats: community structure, biomass and productivity. *Aquat. sci.*, 59: 74-93, 1997.
- Reynolds, C.S. *The ecology of freshwater phytoplankton.* Cambridge, Camb. Univ. Press., 1984. 384 p.
- Roemer, S.C.; Hoagland, K.D. & Rosowski, J.R. Development of a freshwater periphyton community as influenced by diatom mucilages. *Can. J. Bot.*, 62: 1799-1813, 1984.
- Ross, P.J. Dynamics of periphytic communities. In: Wetzel, R.G., (Ed.). *Periphyton of freshwater ecosystems.* The Hague, Dr. W. Junk, 1983. p. 5-10 (Developments in Hydrobiology, 17).
- Round, F.E. *The ecology of benthic algae.* In: Jackson, D.F. (ed.). New York Plenum. 1964. P. 138-184.
- Round, F.E. The epipsammon. A relatively unknown freshwater algal association. *Br. Phycol. Bull.*, 2(6): 456-462, 1965.
- Sand-Jensen, K. Physical and chemical parameters regulating growth of periphytic communities. In: Wetzel, R.G. (Ed.). *Periphylon of fresh water ecosystem.* The Hague. Dr. W. Junk Publishers, 1983. p. 63-71.
- Silver, P.A. Comparasion of attached diatom communities on natural and artificial substrates. *J. Phycol.*, 13: 402-406, 1977.
- Sládecková, A. Limnological investigation methods for the periphyton ("Aufwuchs") community. *Bot. Rev.*, 28(2): 286-350, 1962.
- Sládecková, A. The role of periphyton in water supply. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 24: 2174-2178, 1991
- Sládecková, A. Green algae and waste treatment technology. *Biologia*, Bratislava, 49(4): 615-619, 1994.
- Soares, J.J. *Estudos sobre biomassa e produtividade do perifiton em macrófitas aquáticas na Represa do Lobo (Broa), SP.* São Carlos - SP. UFSCar, 1981. 223 p. (Tese).
- Stevenson, R.J. & Peterson, C.G. Variation in benthic (Bacillariophyceae) immigration with habitat characteristics and cell morphology. *J. Phycol.*, 25: 120-129, 1989.
- Stevenson, R.J.; Christopher, G.P. & Kirschtel, D.B. Density-dependent growth, ecological strategies, and effects of nutrients and shading on benthic diatom succession in streams. *J. Phycol.*, 27: 59-69, 1991.
- Stockner, J.G. & Armstrong, F.A.J. Periphyton of the experimental lakes area. Northwestern Ontario. *J. Fish. Res. Board. Can.*, 28: 215-229, 1971.
- Tippett, R. Artificial surfaces as a method of studying populations of benthic microalgae in freshwater. *Br. Phycol. J.*, 5(2): 187-199, 1970.
- Tuchman, M. & Blinn, D. W. Comparison of attached algal communities on natural and artificial substrata along a thermal gradient. *Br Phycol. J.*, 14: 234-254, 1979.
- Watanabe, T. *Etude de la relation entre le periphyton et la qualité chimique de l'eau des rivières: Utilisation de bioessais "in situ" (substrates artificiels) pour caracteriser l'état de pollution des eaux.* Toulouse-Franca, L' Université Paul Sabatier de Toulouse, 1985. 127 p. (Tese).

- Wetzel, R. G. *Limnologia*. Barcelona, Omega, 1981. 679 p.
- Wetzel, R. G. Opening remarks. In: Wetzel, R.G. (Ed.). *Periphyton offreshwater ecosystems*. The Hague, Dr. W. Junk, 1983 a. p. 3-4. (Developments in Hidrobiology, 17).
- Wetzel, R.G. Concluding remarks. In: Wetzel, R.G. (Ed.). *Periphyton offreshwater ecosystems*. The Hague, Dr. W. Junk, 1983 b. p. 337-338. (Developments in Hidrobiology, 17).
- Wetzel, R.G. Recommendations for future research on periphyton. In: Wetzel, R.G. (Ed.). *Periphyton of freshwater ecosystems*. The Hague, Dr. W. Junk, 1983 c. p. 339-346. (Developments in Hidrobiology, 17).
- Wetzel, R.G. Land-water interfaces: metabolic and limnological regulators. *Verh. Int. Ver Limnol.*, 24: 6-24, 1990.