

PERIFITON: COMPARAÇÃO DE METODOLOGIAS EMPREGADAS PARA CARACTERIZAR O NÍVEL DE POLUIÇÃO DAS ÁGUAS**WATANABE, T.*****RESUMO**

Vários índices biológicos podem ser utilizados para caracterizar o estado de poluição das águas. No presente trabalho foram comparados alguns desses índices, baseados nas características da comunidade perifítica. Os resultados evidenciaram que tal caracterização configura-se como boa indicadora ecológica, quando são feitas medidas simples, tais como: determinação gravimétrica, concentração de pigmentos clorofilianos e atividade metabólica (fotossíntese, respiração e assimilação heterotrófica), em função de características físico-químicas do ambiente e do tempo de imersão dos substratos. Estes índices biológicos mostraram-se como melhores indicadores do que aqueles baseados em análises acuradas da composição específica da comunidade de algas do perifiton.

ABSTRACT - PERIPHYTON: A COMPARISON OF METHODOLOGIES FOR WATER POLLUTION LEVEL CHARACTERIZATION

Some biological indices are commonly used for

* UFPB - João Pessoa, PB

determining water pollution levels. In the present work some indices were compared, based on periphyton community characteristics. Results showed that these characteristics are good ecological indicators, when simple measurements are performed, such as: gravimetric determination, chlorophyll pigments concentration, and metabolic activity (photosynthesis, respiration, and heterotrophic potential), as a function of ambient physical and chemical characteristics, over the time the substrats were immersed. These biological indices appeared to be better indicators than indices based on accurate analysis of the specific community composition of periphyton algae.

INTRODUÇÃO

A importância do perifíton como indicador da qualidade da água foi evidenciada por vários pesquisadores, principalmente para rios e pequenos cursos d'água. A maioria desses trabalhos consideram o aspecto qualitativo do perifíton (FJERDINGSTAD, 1964; 1965; SLADECEK, 1973; SLADECEK & SLADECKOVA, 1963; SLADECKOVA & SLADECEK, 1977; DESCY 1973; 1976; 1979; 1980; 1983; COSTE, 1978; LANGE-BERTALOT, 1979; ECONOMOU-AMILLI, 1980; ECONOMOU-AMILLI & AGNOSTIDIS, 1981), requerendo deste modo, um conhecimento bastante aprofundado da sistemática de vários grupos taxonômicos.

Recentemente, vários especialistas na área, reunidos para discutir a relação entre o perifíton e a qualidade da água, chegaram às seguintes conclusões (WETZEL, 1983):

o conhecimento taxonômico dos organismos perifíticos é insuficiente, particularmente para as formas jovens. É necessário elaborar uma chave de identificação melhor ilustrada; a função do perifíton nos ecossistemas aquáticos, particularmente nos sistemas lóticos, não é

suficientemente bem definida; a análise do perifíton de substratos artificiais e naturais permite avaliar a qualidade das águas. Entretanto, a utilização de organismos indicadores é ainda subjetiva e controvertida; não existem intercâmbios entre os especialistas em perifíton nos projetos de pesquisas referentes ao meio ambiente, higiene e manejo das águas; a utilização do perifíton nos estudos de qualidade das águas é subestimada; as fortes divergências que aparecem entre os dados obtidos e a interpretação dos resultados se devem às diferenças na metodologia empregada e podem levar a conclusões contraditórias.

Estes fatores associados ainda com a dificuldade de se obter informações quantitativas desencorajam, em grande parte, a utilização do perifíton como indicador da qualidade da água.

A utilização de substratos artificiais neste caso, foi um grande avanço metodológico para a quantificação, não somente da taxa de crescimento e da taxa de biomassa fixada, como também para a estimativa do metabolismo do perifíton.

Segundo a literatura, as lâminas de vidro constituem os substratos mais amplamente empregados, apesar de que pedaços de madeira, blocos de argila, cimento, concreto, metais, plásticos, pedras, folhas de polietileno, são também utilizados.

Segundo WETZEL (1975), a crítica para a utilização de substratos artificiais está fundamentada sobre a existência de efeitos sinérgicos entre os substratos e a comunidade aí desenvolvida. Sua utilização torna-se crítica, por exemplo, para estudos de perifíton epifítico, na medida em que as macrófitas aquáticas não são substratos inertes.

A seletividade de certos substratos às vezes não encoraja o seu emprego. Entretanto, em vários casos, o procedimento de amostragem não pode ser separado da

utilização e da eficiência dos substratos artificiais. Eles são essenciais, por exemplo, para a determinação da dinâmica de colonização e da estratificação de comunidades fixadas (SLADECKOVA, 1962) e para os estudos comparativos entre diferentes meios ou entre estações que apresentam graus de poluição variáveis.

A escolha dos substratos para as pesquisas de perifíton, é freqüentemente determinada pelo pesquisador, segundo a disponibilidade dos recursos e objetivo do trabalho (SLADECKOVA, 1962).

Os substratos artificiais podem ainda ser utilizados de maneira adequada em várias pesquisas de impacto ambiental e de interações entre as comunidades.

Do ponto de vista prático, uma das maiores dificuldades para seu emprego, está no fato de que os substratos devem ser imersos nos diversos pontos de amostragem. A retirada dos substratos por pessoas alheias ao trabalho, é um problema difícil de ser resolvido, sobretudo se a área de interesse para o estudo localiza-se perto de aglomerações urbanas.

O objetivo deste estudo foi portanto, comparar as diferentes metodologias existentes para caracterizar o estado de poluição das águas e selecionar aquela que nos permitisse uma melhor caracterização, num tempo relativamente curto, utilizando o perifíton.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido ao sul da França, em rios situados num raio de aproximadamente 100 Km ao redor da cidade de Toulouse.

Afim de testar a possibilidade de empregar os substratos artificiais para caracterizar o estado de poluição das águas, foram selecionadas 22 estações, caracterizadas por rejeitos de diversos tipos, de origem

doméstica e industrial (Tab. 1). A escolha das localidades foi baseada em informações fornecidas pela "Agence de Bassin Adour-Garonne", responsável pelo controle de poluição da Bacia Hidrográfica do Rio Garonne. As estações de amostragem foram fixadas, preferencialmente a montante e a jusante do primeiro efluente recebido pelo curso d'água.

Tabela 1 - Localização e tipos de rejeitos lançados sobre os cursos d'água estudados. (Índice 1 = montante, 2 = jusante)

Identificação	Curso d'água	Município	Tipo de rejeito
S1	Saune	Fonsegrives	Tratamento esgoto doméstico
S2	Saune	Fonsegrives	
M1	Marcaissonne	Saint Orens	Tratamento esgoto doméstico
M2	Marcaissonne	Montaudran	
H1	Hers	Labège	Tratamento esgoto doméstico
H2	Hers	Montaudran	
R2	Afluente do Sor	Revel	Abatedouro de aves
SO1	Sor	Soual	Químico
SO2	Sor	Soual	
MA1	Arnette	Fournes	Tratamento de couro e lã
MA2	Arnette	Fournes	
GR1	Dadou	Graulhet	Tratamento de couro
GR2	Dadou	Graulhet	
CA1	Cérou	Carmaux	Químico
CA2	Cérou	Carmaux	
MO1	Mortarieu Petit	Montauban	Química (metais pesados)
MO2	Mortarieu Petit	Montauban	
SG1	Salat	La Moulasse	Fábrica papel
SG2	Salat	La Moulasse	
BA1	Baup	Saint Girons	Derivados de leite
BA2	Baup	Saint Girons	
ARI	Arbas	Mane	Derivados de leite

Em cada uma das estações, os substratos constituídos de folhas de polietileno, fixadas sobre suportes de PVC (cilindros com 8 cm de diâmetro e 20 cm de altura), foram imersos durante um período de dez a quinze dias, duração correspondente ao estabelecimento de uma fase de crescimento exponencial do perifíton. Nesta fase, o crescimento e a estrutura das comunidades jovens estão mais diretamente ligados às condições físico-químicas do meio, do que as comunidades mais velhas, onde passam a atuar outros fatores dependentes da densidade.

A medida que se aumenta o tempo de imersão dos substratos dentro da água, pode-se observar um aumento da complexidade das comunidades e as interações inter e intraespecíficas tornam-se mais importantes que os fatores externos do meio. O aumento da espessura da bioderme perifítica, torna-se igualmente difícil as trocas com o meio externo (CAPBLANCQ & CASSAN, 1979). Conseqüentemente, durante a fase estacionária as modificações na biomassa e no metabolismo do perifíton, não refletem necessariamente as condições físico-químicas do meio.

As biodermes assim obtidas foram submetidas à análise de biomassa fixada (peso seco, peso de cinza e peso de matéria orgânica, clorofila a, feofitina) e metabolismo (taxa de fotossíntese, respiração e assimilação heterotrófica de glucose). Parte desse material foi separado para posterior contagem e identificação dos organismos perifíticos.

Em cada uma das estações foram realizadas ainda medidas de: temperatura, pH, material em suspensão, turbidez, condutividade, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, sulfato, ortofosfato, silicato, oxigênio dissolvido, DBO e cátions dissolvidos (Na^+ , K^+ , Mg^{++} , Ca^{++} , Fe^{++} , Zn^{++} e Cu^{++}).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Vários sistemas de classificação dos ecossistemas lóticos, baseados na composição qualitativa e quantitativa dos organismos aquáticos conduzem ao teste deste método, onde espécies são consideradas como indicadores.

Foram feitos inicialmente, cálculos do índice de diversidade de Shannon-Weaver (H') e a relação H'/H'_{max} , para tentar classificar as 22 estações analisadas (Tab. 2).

Tabela 2 - Valores dos índices de diversidade de Shannon-Weaver (H') e relação H'/H'_{max} , obtidos para as 22 estações analisadas.

Estação	I.D. (H')	H'/H'_{max}
S1	2,10	0,48
S2	1,90	0,49
M1	2,27	0,51
M2	1,90	0,41
H1	1,28	0,30
H2	1,65	0,37
R2	2,40	0,60
SO1	2,32	0,49
SO2	2,49	0,53
MA1	2,44	0,58
MA2	1,88	0,45
GR1	1,93	0,44
GR	1,36	0,41
CA1	1,26	0,29
CA2	0,22	0,08
MO1	0,00	0,00
MO2	1,51	0,58
SG1	2,19	0,48
SG2	1,42	0,36
BA1	2,49	0,55
BA2	1,74	0,37
AR1	1,76	0,40

Os resultados evidenciaram, no entanto, que os índices biológicos baseados sobre a determinação específica de algas do perifíton, não fornecem informações convincentes.

De acordo com estes resultados, os valores dos índices diminuem a jusante dos pontos de despejos, quando comparado com as estações situadas a montante, para a grande maioria dos cursos d'água estudados. Entretanto, a classificação das estações baseadas em tais índices, é completamente insatisfatória.

Segundo BENSON-EVANS et alii (1975), os índices bióticos (fauna e flora) são mais eficazes, quando se trata de um tipo particular de rio ou mesmo de um tipo específico de poluição.

A fragilidade destes índices está ligada ao fato de que não são consideradas as espécies ou gêneros identificados e nem mesmo o metabolismo destes organismos, e sobretudo, não são consideradas as condições químicas do meio.

De acordo com BROWN & AUSTIN (1973) as correlações entre o número total de células do perifíton e as variáveis do meio, são mais importantes (em amplitude e sinal) que as correlações obtidas a partir de índices de diversidade. Estes resultados podem ser explicados, pelo fato de que os índices de diversidade agrupam várias informações para expressar a organização total das comunidades, enquanto que o número de células é simplesmente um estimador da produção ou biomassa do meio. É impossível, por exemplo, resumir e condensar os dados determinantes das condições biológicas de um curso de água, em um simples número ou figura (índices biológicos, de saprobidade, de diversidade ou qualquer outro termo de qualidade), sem perder muitas informações (WUHRMANN, 1974).

Segundo COSTE (1978), o instrumento melhor adaptado e certamente o mais objetivo para se estudar a relação entre as espécies e o meio é a análise fatorial de

multivariáveis. O principal problema colocado para a utilização de análises multivariáveis se situa nos níveis da formulação dos dados e na interpretação dos resultados.

Uma análise fatorial em componentes principais (ACP) foi feita, considerando as espécies como variáveis ativas e os dados físico-químicos e biológicos como parâmetros suplementares (Fig. 1 e 2, Tab. 3).

De acordo com esta análise, os eixos 1 e 2 são responsáveis por 32% das variações dos parâmetros considerados.

A figuração fatorial de várias estações em um mesmo núcleo de afinidade, mostra que a composição das algas do perifíton não é a variável mais apropriada para quantificar a poluição das águas.

As estações reagrupadas com base nas espécies presentes, possuem características físico-químicas diferentes. De acordo com estas variáveis medidas, constatou-se que: 1) as estações SG1, SG2, MA1 e MA2 são as mais oligotróficas, com relação às concentrações de nutrientes (o fraco desenvolvimento do perifíton nestas estações, certamente está ligado a este aspecto); 2) as estações MO1, MO2, CA1 e CA2, caracterizadas também por um fraco desenvolvimento de algas, são influenciadas por fortes teores de amônia, nitrito, sulfato e potássio, tóxico para os organismos. As fortes concentrações de nitrato, fosfato e silicato mostram que o desenvolvimento do perifíton não é limitado por estes nutrientes.

O conjunto de resultados obtidos por COSTE (1978) através da análise fatorial de correspondência, aplicado às diatomáceas do rio Sena (Paris), reagrupam também um grande número de espécies e de estações em uma mesma posição central, o que confirma a característica euriécia das diatomáceas. Este autor reconhece que a maioria das diatomáceas que figuram no sistema obtido não apresenta, infelizmente, nenhum interesse para a apreciação da carga orgânica. As proliferações localizadas e as flutuações

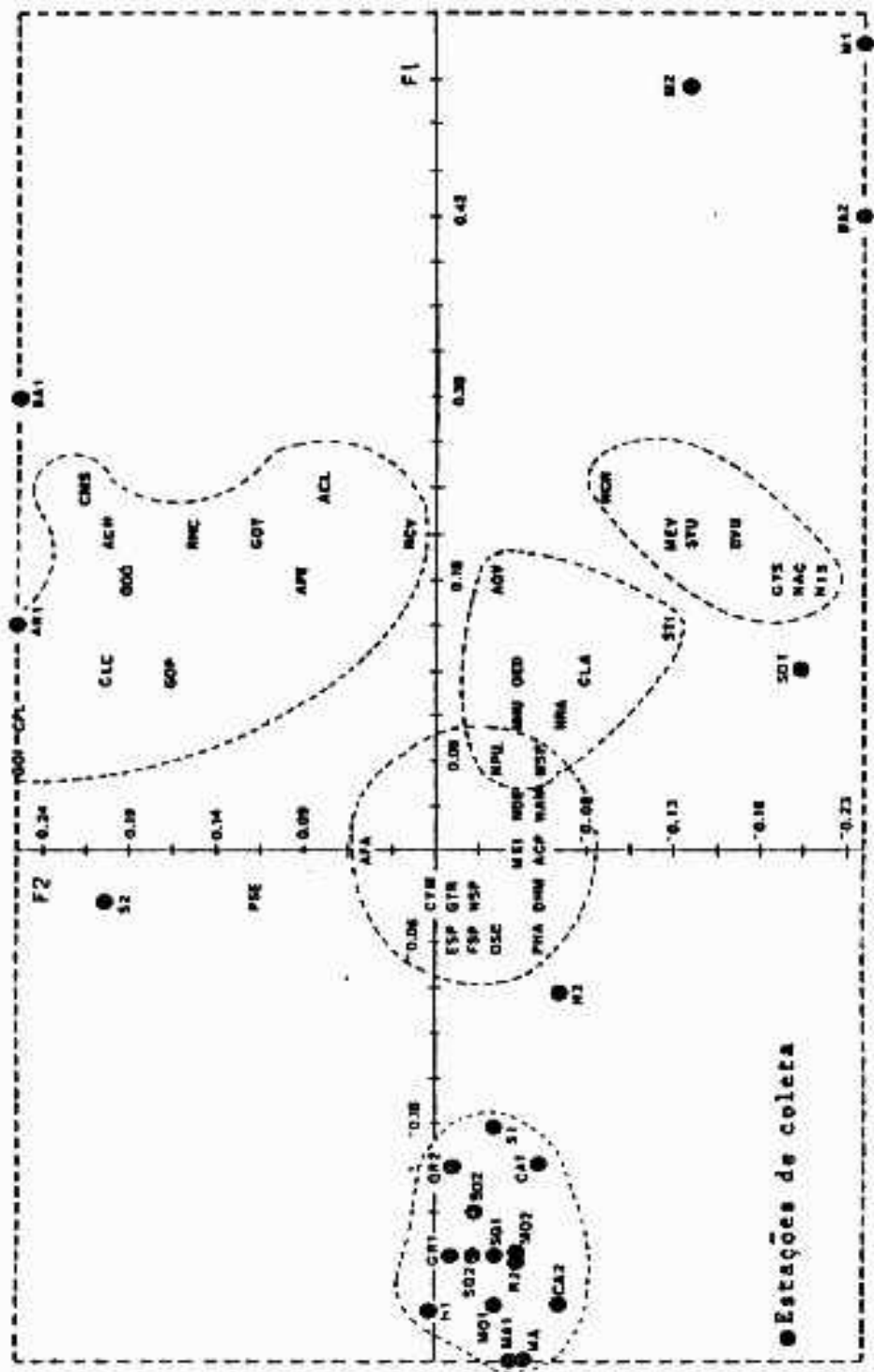


Figura 1 - Análise fatorial em componentes principais: valores das variáveis (espécies consideradas como variáveis ativas) e as estações amostradas, no sistema dos dois primeiros eixos.

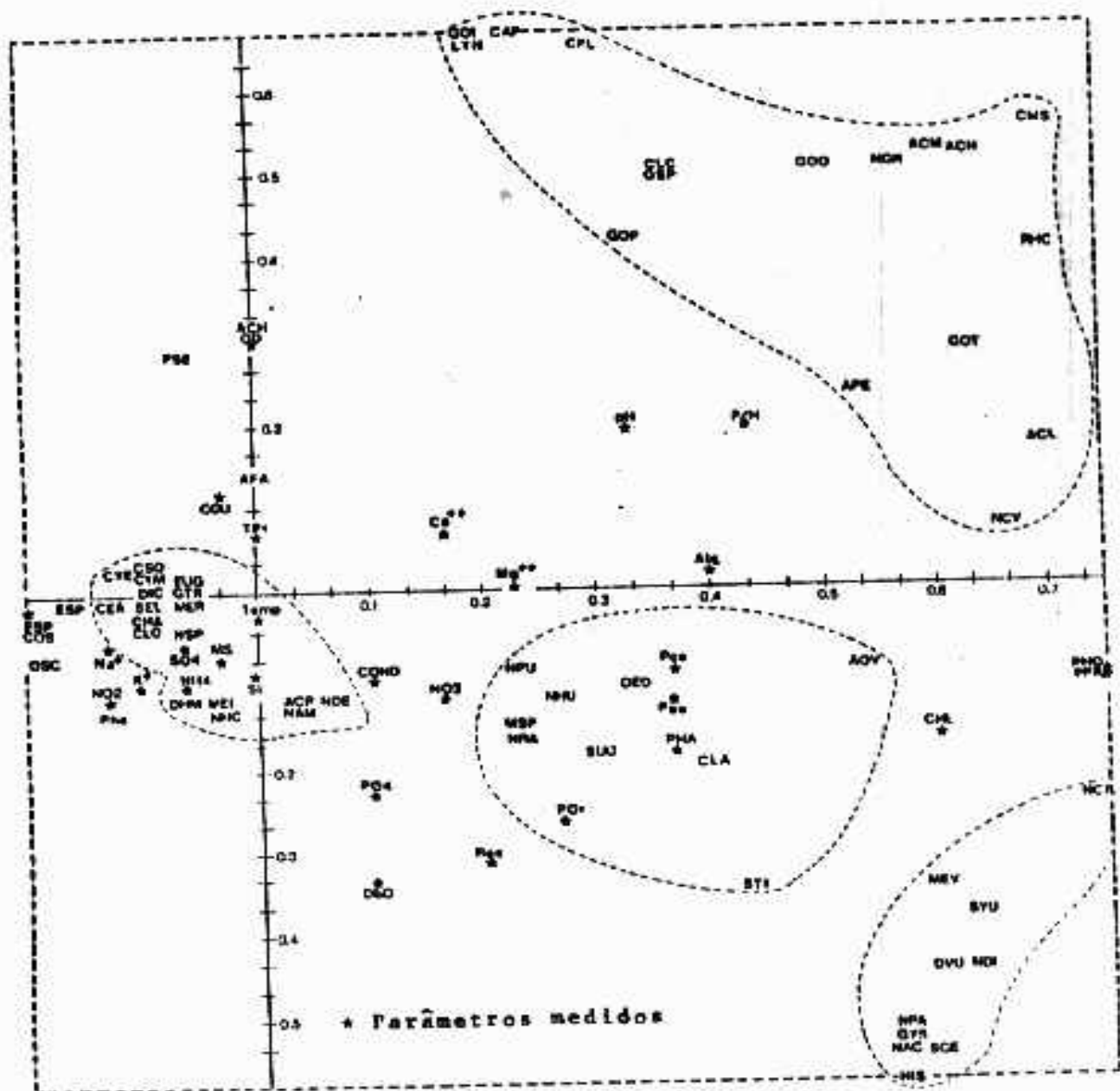


Figura 2 - Análise fatorial em componentes principais; valores das variáveis (ativas e suplementares) no sistema dos dois primeiros eixos.

Tabela 3 - Identificação das variáveis utilizadas na análise fatorial em componentes principais.

GD	Oxigênio Dissolvido	GYS	Gyrosigma sp.
MS	Material em suspensão	HAM	Hantzschia amphioxys
NH ₄	Amônia	MEG	Melosira granulata
NO ₂	Nitrito	MEI	Melosira italica
NO ₃	Nitrato	MEV	Melosira varians
PO ₃	Otofosfato	MBC	Meridion circulare
SO ₄	Sulfato	NAS	Navicula anglica v. subsalsa
Si ⁴	Silicato	NCR	Navicula cryptocephala
Alc	Alcalinidade	NCV	Navicula cryptocephala v. veneta
pH	pH	NDE	Navicula decussis
Temp	Temperatura	NAE	Navicula elginensis
COND	Condutividade	NCR	Navicula gracilis
COU	Velocidade de corrente	NHC	Navicula hungarica v. capitata
PSe	Peso seco	NMU	Navicula mutica
PCe	Peso de cinzas	NPU	Navicula pupula
POr	Peso orgânico	NRA	Navicula radiosa
CHL	Clorofila <u>a</u>	NVV	Navicula viridula
PHA	Feofitina	NSP	Navicula sp.
RES	Respiração	NAC	Nitzschia acicularis
PHO	Taxa de fotossíntese	NAM	Nitzschia amphibia
PPR	Produção Primária	Nap	Nitzschia apiculata
Na	Sódio	NDI	Nitzschia dissipata
K ⁺	Potássio	NHU	Nitzschia hungarica
Ca ⁺⁺	Cálcio	NLI	Nitzschia linearis
Mg ⁺⁺	Magnésio	NPa	Nitzschia pales
HET	Peso dos heterótrofos	NRE	Nitzschia recta
TPr	PPR/CHL	NSI	Nitzschia signoides
IRe	Respiração/mat.org.	NIS	Nitzschia sp.
TUR	Turbidez	SIS	Stauroneis smithii
NBC	nº de células/dm ³	SUO	Surirella ovata
ACH	Achnanthes delicatula v. hauckiana	SYU	Synedra ulna
ACL	Achnanthes lauceolata	AFA	Ankistrodesmus falcatus
ACM	A. minutissima	CUA	Characium sp.
ACP	A. pinnata	CLA	Chlamydomonas sp.
AUV	Amphora ovalis	CHO	Chlorella sp.
AOO	Amphora ovalis v. ovalis	CLO	Closterium sp.
APE	Amphora pertusilla	COS	Cosmarium sp.
CAB	Galoneis bacillum	DIC	Dictyosphaerium sp.
CEA	Ceratoneis arcus	MSF	Microspora sp.
CPE	Cocconeis pediculus	OED	Oedogonium sp.
CPL	Cocconeis placentula	OOC	Oocystis sp.
CYC	Cyclotella comta	SCA	Scenedesmus acuminatus
CYM	Cyclotella meneghiniana	SAC	Scenedesmus acutus
CYE	Cymatopleura elíptica	SAR	Scenedesmus armatus
CSO	Cymatopleura soles	SBR	Scenedesmus brevispina
CAF	Cymbella affinis	SDE	Scenedesmus denticulatus
CLC	Cymbella lanceolata	SSP	Scenedesmus spinosus
CMS	Cymbella minuta v. silesiaca	SCE	Scenedesmus sp.
CSP	Cymbella sp.	SEL	Selenastrum sp.
DIM	Diatoma hiemale	TET	Tetraedron sp.
DVU	Diatoma vulgare	STI	Stigeoclonium sp.
ESP	Eunotia sp.	APH	Aphanocapsa sp.
FSP	Fragilaria sp.	CHR	Chroococcus sp.
FRR	Frustulia rhomboides	LYN	Lyngbya sp.
GOI	Gomphonema intricatum	MER	Merismopedia sp.
GOM	Gomphonema minutum	MIC	Microcystis sp.
GDO	Gomphonema olivaceum	NOS	Nostoc sp.
GOP	Gomphonema parvulum	OSC	Oscillatoria sp.
GOT	Gomphonema tenellum	PSA	Pseudanabaena sp.
GTR	Gomphonema truncatum	CRY	Chryptomonadales
GSP	Gomphonema sp.	EUG	Euglena sp.
GYA	Gyrosigma attenuatum	Pha	Phacus sp.
CYN	Gyrosigma nodiferum		

sazonais das diatomáceas no rio Sena, evidenciadas pelo tratamento dos dados, suportam a maior parte da inércia dos eixos e mascaram parcialmente a sucessão normal das espécies, desde a montante até a jusante do rio, o que é de interesse fundamental.

Utilizando, para este tipo de análise, a composição específica de um grupo particular ou mesmo de toda a comunidade, o problema ligado à identificação das espécies continua sempre presente, uma vez que a comunidade perifítica é bastante heterogênea e muito complexa.

Sérios problemas de sistemática, obrigam freqüentemente, os especialistas a recorrerem a técnicas de observação sofisticadas e bastante dispendiosas, como é o caso da microscopia eletrônica de varredura (COSTE, 1978).

O sistema de classificação sapróbico, proposto por SLADCEK (1973), ainda que bem elaborado, é incompleto e subjetivo. Vários organismos classificados, ou mesmo os tipos de comunidades descritas, nem sempre são encontrados nos ambientes estudados. A presença de espécies que ainda não foram classificadas é também um problema de difícil resolução.

COSTE (1978) acrescentou algumas espécies de diatomáceas a esta lista proposta por SLADCEK (1973), associou os valores de "s" respectivos, mas a lista continuou ainda incompleta e subjetiva.

Os métodos baseados sobre os dados autoecológicos, implicam no conhecimento da ecologia de cada espécie, e os dados da literatura científica sobre os quais se apóiam são bastante contraditórios.

BENSON-EVANS et alii (1975) estudaram o sistema de rios poluídos ao sul do País de Gales (UK). Estes autores tentaram classificar os cursos d'água, segundo os índices de saprobidade disponíveis. Os resultados obtidos mostraram que a maioria das estações foi classificada em uma ou mais categorias (a ou b mesosapróbico).

Os índices bióticos baseados sobre as populações

de diatomáceas para quantificar a poluição dos cursos de água, foram utilizados por COSTE (1978) e DESCY (1979, 1980, 1983). Entretanto, a aplicação dos índices de diversidade ou de saprobidade, a um único grupo ou a alguns grupos de organismos, freqüentemente fornecem resultados pouco representativos. As diatomáceas, em geral, são as mais abundantes sobre o perifíton, e se desenvolvem em uma grande variedade de habitats aquáticos e de condições ecológicas diversas, associadas a uma grande amplitude de tolerância de algumas espécies. Esses organismos foram considerados por MARGALEF (1968) e por ECONOMOU-AMILLI (1980), como sendo indicadores inadequados para caracterizar o estado de saprobidade da água.

A facilidade com que os organismos podem se adaptar a diferentes ambientes, modificando seu metabolismo, tais como taxa de reprodução, produção de metabólitos, taxa de fotossíntese, respiração, entre outros, sem que ocorram modificações morfológicas, evidenciam também a fragilidade dos métodos baseados somente na composição específica do perifíton.

COSTE (1978) admite também que a maioria dos métodos biológicos de estimativa da qualidade da água se revelam pouco adaptados a uma aplicação restrita às diatomáceas bênticas. De fato, os índices bióticos baseados sobre a composição qualitativa, podem levar a resultados pouco consistentes.

EICHENBERGER (1975) observou diferenças importantes sobre a composição do perifíton de dois canais experimentais, submetidos às mesmas condições: um dos canais foi dominado por algas verdes filamentosas e pela diatomácea do gênero *Meridion*, enquanto que o outro apresentou uma densa cobertura de *Hydrurus*. Por outro lado, o autor não observou diferenças significativas de produção de biomassa entre os dois canais. Isto sugere que, sob as mesmas condições, a variação sociológica das micrófitas é mais elevada que a variação da produção de biomassa. Esse

mesmo autor propõe a utilização de variáveis ligadas aos aspectos sociológicos, à produção de biomassa e aos processos fisiológicos (fotossíntese, respiração ou assimilação de nutrientes), das comunidades perifíticas, para quantificar o efeito da poluição orgânica de um curso d'água.

Os estudos feitos por CUSHING (1967) no rio Columbia (U.S.A.), mostraram igualmente a importância das medidas de peso seco, de cinzas e concentração de clorofila a do perifíton, para avaliar as relações entre a produtividade, a incorporação de radioisótopos e as influências do meio ambiente.

Quando se trata de ambientes poluídos, é muito importante que se faça distinção entre a biomassa de heterótrofos e de autótrofos.

A determinação da concentração de clorofila a, ainda que seja um método aproximativo para quantificar a biomassa das algas, contribui para a compreensão da fitobiocenose desenvolvida nos meios aquáticos (EICHENBERGER, 1975).

Apesar das influências das variáveis físico-químicas da água sobre a dinâmica de crescimento e sobre o metabolismo do perifíton não serem ainda muito bem definidas, vários pesquisadores (EICHENBERGER, 1975; CAPBLANCO & CASSAN, 1979; SAND-JENSEN, 1983), já observaram uma boa correlação entre a biomassa e as propriedades da água, durante a fase de crescimento inicial do perifíton (início da fase log).

Uma nova análise fatorial foi feita, desta vez considerando as espécies como variáveis suplementares e as variáveis físico-químicas e ligadas ao metabolismo do perifíton, como variáveis ativas.

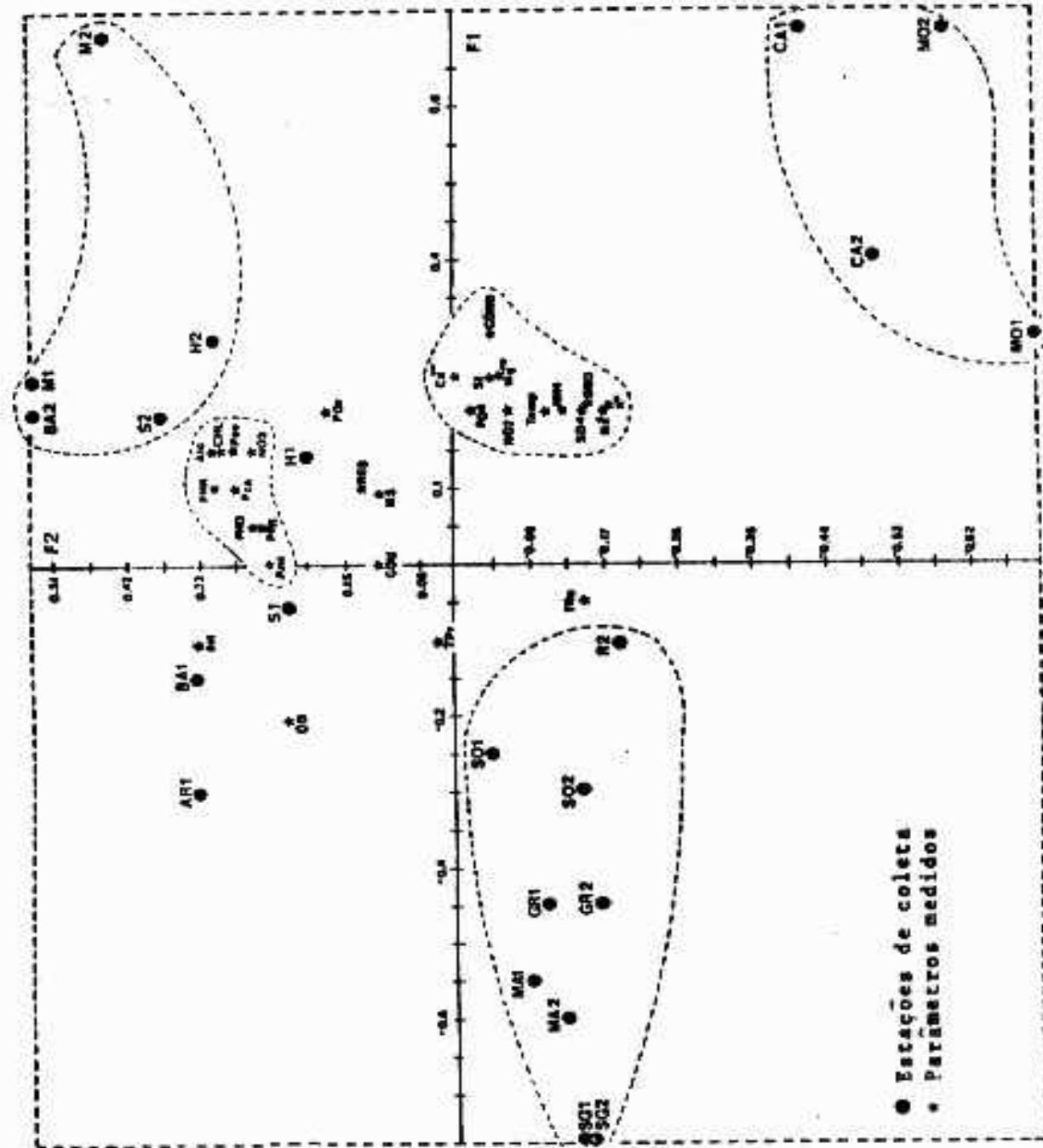
De acordo com esta análise, cerca de 70% da inércia total do sistema corresponde aos quatro primeiros fatores. Os eixos 1 e 2 explicam sozinhos, 48,67% da variação.

A figuração fatorial no sistema dos dois primeiros eixos, nos permitiram evidenciar os seguintes pontos (Fig. 3):

1- O eixo 1 ordena as estações, desde águas com poucos elementos dissolvidos e bem oxigenadas (valores negativos) até águas com fortes concentrações (valores positivos). Aos primeiros correspondem os substratos pouco carregados em perifíton, com atividade fotossintética e respiratória elevada. A figuração fatorial das estações SG1 e SG2, as caracteriza como sendo as mais oligotróficas (nitrato menos do que 250 µg/l e fosfato menos do que 5 µg/l). Aos valores positivos, correspondem dois grupos de estações que se diferenciam com relação ao eixo 2. Ao primeiro grupo, associado com forte desenvolvimento de perifíton, corresponde as estações mais eutróficas (valores positivos do eixo 1). O segundo grupo, que ocupa os valores negativos do eixo 2, se caracteriza, ao contrário, por fraco desenvolvimento de algas. Podemos considerar que neste caso, o crescimento das algas é inibido pela presença de elementos tóxicos. Por exemplo, nas estações MO1 e MO2, foram obtidos teores de zinco igual a 450 mg/l e 100 mg/l, respectivamente. As estações CA1 e CA2 são influenciadas por dejetos de indústrias químicas.

2- A influência de dejetos poluentes aparece ao nível da posição respectiva das estações situadas a montante e a jusante dos pontos de despejos. Podemos constatar que o efeito da poluição se traduz pelo deslocamento das estações correspondentes, em direção aos valores positivos do eixo 1 (ex. MA1 - MA2, S1 - S2, BA1 - BA2, MO1 - MO2). Por outro lado, a influência dos dejetos é menos evidente sobre os rios Salat (SG1 - SG2), Arnette (MA1 - MA2) e Dadou (GR1 - GR2). Isto se deve, sem dúvida, ao fato de que as estações localizadas nestes cursos de água, já estão sendo influenciadas por outros dejetos poluentes.

3- A figuração das espécies tratadas como



● Estações de coleta
 * Parâmetros medidos

Figura 3 - Análise fatorial em componentes principais: valores das variáveis físico-químicas e biológicas e das 22 estações de coleta, no sistema dos dois primeiros eixos.

parâmetros suplementares no sistema fatorial (Fig. 4), mostra que a poluição química (representado pelo núcleo de componentes químicos com relação aos eixos 1 e 2), se opõem ao desenvolvimento das algas do perifíton. *Oscillatoria* sp. e *Characium* sp. aparecem como as formas mais tolerantes.

Na posição oposta *Ceratoneis arcus* (CEA), *Diatoma hiemale* (DHM), *Cosmarium* sp (COS), *Fragilaria* sp (FSP), *Achnanthes pinnata* (ACP), *Dictyosphaerium* sp (DIC), que ocupam uma posição entre fortes valores negativos do eixo 1, aparecem como as formas de meios pouco poluídos, oligotróficos, frios e bem oxigenados.

Os substratos com forte desenvolvimento de algas (CHL, Pse, relação P/H, PHO elevados), estão associados com: *Navicula cryptocephala* v. *veneta* (NVC), *Amphora ovalis* (AOV), *Nitzschia hungarica* (NHU), *Melosira varians* (MEV), *Microspora* sp (MSP), *Navicula radiosa* (NRA), *Navicula gracilis* (NGR), *Navicula cryptocephala* (NCR), *Achnanthes lanceolata* (ACL), *Oedogonium* sp (OED), *Chlamydomonas* sp (CLA), *Nitzschia* sp (NIS), *Gomphonema parvulum* (GOP), *Amphora perpusila* (APE), *Scenedesmus* sp (SCE), *Nitzschia acicularis* (Nac), *Nitzschia palea* (NPA), que parecem, portanto, caracterizar meios mais eutróficos.

Algumas conclusões podem ser tiradas a partir deste estudo:

1- Os índices biológicos (diversidade, saprobidade, entre outros), baseados na composição específica de algas do perifíton, não fornecem informações satisfatórias sobre a qualidade das águas.

2- Os substratos artificiais podem ser utilizados para estudos comparativos entre diferentes cursos de água e para estudos da dinâmica de colonização pelo perifíton, de maneira bastante eficiente.

3- O nível de poluição das águas pode ser caracterizado, de maneira rápida e eficiente, utilizando-se medidas de metabolismo e biomassa do perifíton, associado

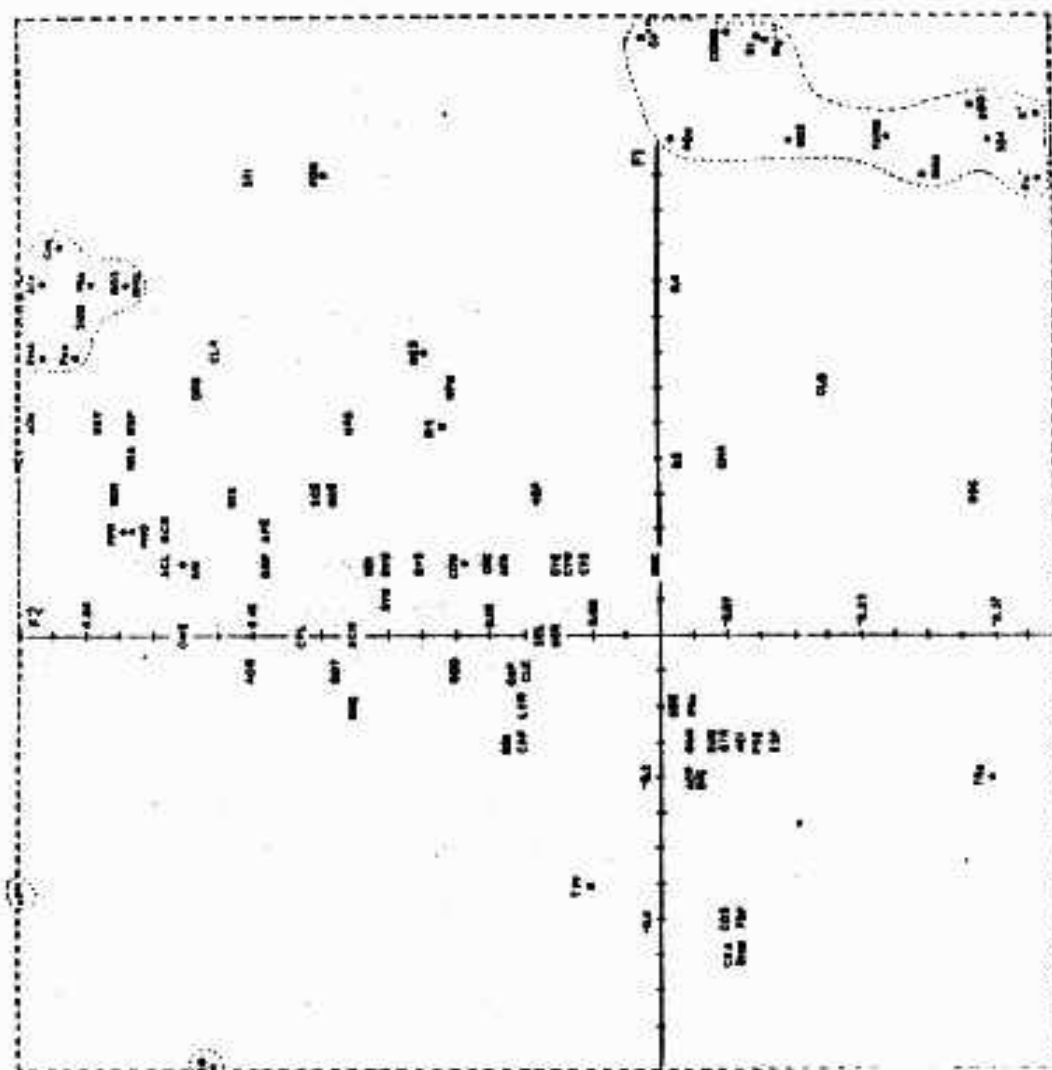


Figura 4 - Análise fatorial em componentes principais: valores das variáveis obtidas a partir do conjunto das 22 estações estudadas, no sistema dos dois primeiros eixos (as espécies consideradas como variáveis suplementares).

com as características físico-químicas da água.

4- Atualmente, a ferramenta melhor adaptada para estudos sobre a ecologia ou impacto ambiental, ou ainda para caracterizar o nível de poluição das águas, é sem dúvida, a análise fatorial de multivariáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENSON-EVANS, K.; WILLIAMS, P.F.; McLEAN, R.O.; FRANCE, N. Algal communities in polluted rivers of South Wales. Verh. Int. Ver. Limnol., 19(3): 2010-19, 1975.
- BROWN, S.D. & AUSTIN, A.P. Diatom succession and interaction in littoral periphyton and plankton. Hydrobiologia, 43(3/4): 333-56, 1973.
- CAPBLANCO, J. & CASSAN, M. Etude du périphyton d'une rivière polluée (l'Agout). II. Métabolisme et dynamique de croissance sur substrats artificiels. Annls Limnol., 15(2): 211-22, 1979.
- COSTE, M. Sur l'utilisation des Diatomées benthiques pour l'appréciation de la qualité biologique des eaux courantes: méthodologie comparée et approche typologique. Paris, Univ. Franche Comte, 1978. 143 p. (Tese)
- CUSHING, C.E. Periphyton productivity and radionuclide accumulation in the Columbia River, Washington (U.S.A.). Hydrobiologia, 29: 125-39, 1967.
- DESCY, J.P. La végétation algale benthique de la Meuse belge et ses relations avec la pollution des eaux. Lejeurnia, n.s., 66: 1-62, 1973.
- _____. Etude quantitative du peuplement algal benthique en

vue de l'établissement d'une méthodologie d'estimation biologique de la qualité des eaux courantes: application au cours belge de la Meuse et de la Sambre. In: Recherche et technologie au service de l'environnement. Liège, 1976. p. 159-206.

DESCY, J.P. A new approach to water quality estimation using diatoms. Nova Hedw., Beith., 64: 305-23, 1979.

_____. Utilisation des algues benthiques comme indicateurs biologiques de la qualité des eaux courantes. In: PESSON, P. La pollution des eaux continentales: incidence sur les biocénoses aquatiques. Paris, Gauthier-Villars, 1980. p. 169-94.

_____. Les communautés algales de la Haute Meuse Belge et la qualité de ses eaux: un bilan à l'automne 1981. Bull. Soc. Roy. Bot. Belg., 116: 31-50, 1983.

ECONOMOU-AMILLI, A. Periphyton analysis for the evaluation of water quality in running waters of Greece. Hydrobiologia, 74: 39-48, 1980.

ECONOMOU-AMILLI, A. & AGNOSTIDIS, K. Periphyton algae and bacteria from springs of Levadia Boeotia, Greece. Hydrobiologia, 80(1): 67-89, 1981.

EICHENBERGER, E. On the quantitative effects of chemical factors on running water ecosystems. Schweiz. Z. Hydrol., 37: 21*34, 1975.

FJERDINGSTAD, E. Pollution of streams estimated by benthic phytomicroorganisms. I. A saprobic system based on communities of organisms and ecological factors. Int. Rev. Ges. Hydrobiol., 49: 63-131, 1964.

- FJERDINGSTAD, E. Taxonomy and saprobic valency of benthic phytomicro-organisms. Int. Revue Ges. Hydrobiol., 50 (4): 475-604, 1965.
- LANGE-BERTALOT, H. Pollution tolerance of diatoms as a criterion for water quality estimation. Nova Hedw., Bei., 64: 285-304, 1979.
- MARGALEF, R. Perspectives in ecological theory. London, Univ. Chicago Press, 1968. 111 p.
- SAND-JENSEN, K. Physical and Chemical parameters regulating growth of periphyton communities. In: WETZEL, R.G. Periphyton of freshwater ecosystems. The Hague, Dr. W. Junk, 1983. p. 63-71.
- SLADECEK, V. System of water quality from the biological point of view. Ergebn. Limnol., 7: 1-218, 1973.
- SLADECEK, V. & SLADECKOVA, A. Relationship between wet weight and dry weight of the periphyton. Limnol. Oceanogr., 8: 309-11, 1963.
- SLADECKOVA, A. Limnological investigation methods for the periphyton ("Aufwuchs") community. Bot. Rev., 28: 286-350, 1962.
- SLADECKOVA, A. & SLADECEK, V. Periphyton as indicator of the reservoir water quality. II. Pseudoperiphyton. Ergebn. Limnol., 9: 177-91, 1977.
- WETZEL, R.G. Limnology. Philadelphia, W.B. Saunders, 1975. p. 308-418.
- _____. Periphyton of freshwater ecosystem. The Hague, Dr. W. Junk, 1983. 346 p. (Developments in

Hydrobiology, 17)

WUHRMANN, K. Some problems and perspectives in applied limnology. Mitt. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol., 20: 324-402, 1974.

ENDEREÇO DO AUTOR

WATANABE, T.

Universidade Federal da Paraíba - CCEN
Departamento de Sistemática e Ecologia
58000 João Pessoa - PB