

Carvão e Meio Ambiente

Centro de Ecologia

da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul



Editora
da Universidade

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Carvão e meio ambiente é fruto da colaboração de inúmeros grupos de trabalho da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, tendo contado com pesquisadores de outras instituições com o objetivo de estudar os efeitos da exploração e do uso do carvão sobre o meio ambiente, na Região Carbonífera do baixo Jacuí, no Rio Grande do Sul.

A Região, nos seus aspectos ambientais e sociais, é tratada de modo global na primeira parte do livro, que relata sobre a geologia, o clima, os solos, a vegetação e as características demográficas, econômicas e jurídico-políticas.

A partir da descrição geral busca-se uma síntese dos aspectos ambientais e socioeconômicos, visando analisar a sustentabilidade econômica e ambiental da exploração e do uso do carvão.

Estudos sobre as conseqüências da queima do carvão, na atmosfera local, no solo e na água, são abordados nos tópicos ligados ao meio físico. Especial atenção

está voltada para a recuperação de áreas mineradas e com sugestões para os tomadores de decisão quanto ao monitoramento e ao gerenciamento ambiental.

Animais e plantas foram alvo de estudos específicos com objetivo de identificar indicadores dos impactos de atividades carboníferas sobre os organismos vivos, bem como os aspectos relacionados à saúde pública.

A organização social da região e seu engajamento na melhoria do ambiente ocorreram através de estudos sobre as ações de educação ambiental promovidas por escolas e associações comunitárias.

Quer pela caracterização geral da região, quer pelos estudos específicos, *Carvão e meio ambiente* trata de forma aprofundada e original os mais diversos tópicos associados à problemática da exploração e do uso do carvão e suas conseqüências sobre o meio físico, os organismos vivos e a sociedade.

Carvão e Meio Ambiente

Centro de Ecologia

da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul



Editora
da Universidade

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

RESERVA TÉCNICA
Editora da UFRGS

© dos autores
1ª edição: 2000

Direitos reservados desta edição
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Capa: Paulo Antonio da Silveira
Foto da capa: Geraldo Mario Rohde
Editoração eletrônica: William Wazlawik
Toni Peterson Lazaro
Fernando Piccinini Schmitt

C397c Centro de Ecologia/UFRGS
Carvão e meio ambiente/ Centro de Ecologia/UFRGS. – Porto Alegre : Ed. Universidade/UFRGS, 2000.

1. Carvão – Meio ambiente. I. Título.

CDU 622.33:634.0.11

Catálogo na publicação: Mônica Ballejo Canto – CRB 10/1023

ISBN 85-7025-563-2

CARV
C 332

Carvão

e Meio Ambiente

RESERVA TÉCNICA
Editora da UFRGS



**UNIVERSIDADE
FEDERAL DO RIO
GRANDE DO SUL**

Reitora

Wrana Maria Panizzi

Vice-Reitor

Nilton Rodrigues Paim

Pró-Reitor de Extensão

Luiz Fernando Coelho de Souza

EDITORA DA UNIVERSIDADE

Diretor

Geraldo F. Huff

CONSELHO EDITORIAL

Anna Carolina K. P. Regner

Christa Berger

Eloir Paulo Schenkel

Georgina Bond-Buckup

José Antonio Costa

Livio Amaral

Luiza Helena Malta Moll

Maria da Graça Krieger

Maria Heloisa Lenz

Paulo G. Fagundes Vizontini

Geraldo F. Huff, presidente



Editora da Universidade/UFRGS • Av. João Pessoa, 415 - 90040-000 - Porto Alegre, RS - Fone/fax (51) 224-8821, 316-4082 e 316-4090 - E-mail: editora@orion.ufrgs.br - <http://www.ufrgs.br/editora> • **Direção:** Geraldo Francisco Huff • **Editoração:** Paulo Antonio da Silveira (coordenador), Carla M. Luzzatto, Cláudia Bittencourt, Maria da Glória Almeida dos Santos, Najára Machado • **Administração:** Julio Cesar de Souza Dias (coordenador), José Pereira Brito Filho, Laerte Balbinot Dias, Norival Hermeto Nunes Saucedo • **Apoio:** Idalina Louzada, Laércio Fontoura.

ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE ALGAS PERIFÍTICAS EM AMBIENTES LÓTICOS

Ana Luiza Burliga Miranda
Albano Schwarzbald

INTRODUÇÃO

A estrutura da comunidade perifítica (comunidade biótica aderida a substrato, sendo referidas aqui especificamente as microalgas), têm sido muito utilizada como indicadora de qualidade de água (ROUND, 1991; COLLINS e WEBER, 1978), sendo aceito como componente importante na descrição de perturbações naturais ou antropogênicas (ROTT, 1991; SABATER e outros, 1991).

A composição, riqueza específica e densidade são atributos estruturais fundamentais da comunidade biótica e podem refletir características físicas e químicas da água, particularmente o pH (KWANDRANS, 1993; FAIRCHILD e SHERMAN, 1993).

Mudanças em uma ou mais características estruturais podem ser interpretadas como uma evidência de estresse ecológico. Em ambientes ácidos é esperada uma redução na densidade, diversidade e mudança na composição das espécies dominantes (PLANAS, 1996; TURNER e outros, 1991; PLANAS, 1989), com maior representatividade de espécies com elevada tolerância (LAMPKIN III e SOMMERFELD, 1982). ROSA e outros (1987) realizaram estudos com fitoplâncton em sistemas lênticos próximos à área do presente trabalho, encontrando diferenças estruturais entre ambiente ácidos àqueles próximos à neutralidade.

Este trabalho descreve a riqueza específica, a composição e a densidade da comunidade de algas perifíticas e sua relação com variáveis físicas e químicas da água superficial e sedimento em arroios acidificados pela mineração de carvão e sem influência direta desta atividade.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização das estações de amostragem

As coletas foram realizadas em seis estações de amostragem na área do Projeto PADCT/CIAMB. As descrições da área estão de acordo com MACHADO, 1993:

Estação 1: Arroio Martins, a montante da mina do Recreio, município de Butiá;

Estação 2: Arroio Martins, a jusante da mineração (mina do Recreio), zona de alto impacto de mineração, com rejeitos, lagos com lavagem, drenagem e aterros com rejeito. Localidade rural e urbana do município de Butiá;

Estação 3: Arroio Taquara, a montante da mineração;

Estação 4: Arroio Taquara, a jusante da mineração. Zona de alto impacto de mineração, com drenagem, aterros com rejeito e lagos com lavagem. Município de Minas do Leão;

Estação 7: Arroio dos Ratos, abaixo da zona de forte impacto. Zona de rejeito, município de Charqueadas;

Estação 10: Arroio da Porteira. Área não impactada.

Análise estrutural do perifiton

Foram realizadas coletas mensais do perifiton entre janeiro e dezembro/1994 em seis estações amostrais, utilizando a macrófita *Leersia hexandra* Schw. (Gramineae) como substrato. Esta espécie é heliófita e seletiva higrófila; possui lâminas foliares de 5-14 cm comprimento até 7 mm de largura e sua área de dispersão abrange todo o Brasil, sul dos Estados Unidos até o norte da Argentina (REITZ, 1982).

Análise qualitativa do perifiton

Foram coletadas amostras da haste, lâmina foliar e espremido da planta substrato. As amostras foram fixadas com solução Transeau na proporção de 1:1. Para a identificação do grupo Bacillariophyceae foram oxidadas alíquotas seguindo a técnica apresentada por MÜLLER MELCHERS & FERRANDO (1956).

Análise quantitativa do perifiton

Em cada estação foi coletada uma amostra até profundidade máxima de 10 cm, contendo um conjunto de 16 hastes e lâminas foliares da planta substrato, testado através de curva de suficiência amostral. Foi usada solução FAA (100%) para fixação das amostras e a remoção da camada perifítica foi feita por raspagem com pincel. Foram contadas 114 amostras, incluindo as do teste de suficiência amostral. As amostras encontram-se registradas e depositadas no Herbário Prof. Dr. Alarich Schultz (HAS) do Museu de Ciências Naturais da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul sob os números de HAS 26986 a 27000 e 34000 a 34008.

A contagem foi feita pelo método de UTERMÖHL (1958), por campos ale-

atórios ordenados. O número de campos contados seguiu o método gráfico da área mínima (CAIN e CASTRO, 1959). Foram considerados indivíduos as células isoladas, colônias, filamentos e cenóbios, desde que apresentassem protoplasma. As espécies *Synedra acus* e *Synedra ulna* foram contadas conjuntamente, por não ter sido possível identificá-las como *taxa* distintos, assim como os gêneros *Zygnema* e *Zygnemopsis*. O diâmetro celular foi o critério utilizado para a separação das espécies do gênero *Spirogyra*. Os resultados foram expressos como indivíduos por cm² (ind./cm²) e determinados através da fórmula de WETZEL e LIKENS (1979) modificada por SCHWARZBOLD (1992). A área colonizada foi mensurada com medidor portátil de superfície plana Licor mod. Li 3000. As espécies abundantes e dominantes foram estimadas segundo critério elaborado por LOBO e LEIGHTON (1986). Foi estimada a riqueza específica através do número de espécies encontrados em cada amostra e do somatório total para cada estação de amostragem.

Foram utilizados os resultados das análises físicas e químicas do grupo de águas do projeto que compreendem 41 variáveis em águas superficiais, sedimentos totais e extráveis e metais na planta substrato (RAYA-RODRIGUES, 1996); (MACHADO, 1996).

ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Os resultados de densidade do perifiton (ind./cm²) foram comparados entre as estações amostrais através de uma análise multivariada, utilizando o programa MULTIV (PILLAR, 1998). Dois testes foram aplicados: Análise de Coordenadas Principais (método de Ordenação), na tentativa de revelar padrões de distribuição das unidades amostrais e possíveis relações destas com fatores externos e Teste de Aleatorização, empregado para perceber se o grau de associação entre as unidades amostrais é real (significativo) ou é mero acaso. Neste último, foi empregado delineamento em blocos, sendo mantido fixo o fator sazonalidade. O critério do teste foi da soma dos quadrados das distâncias entre grupos. Probabilidades foram geradas a partir de 1000 iterações. O nível de significância adotado foi de $\alpha=0,05$ (PILLAR e ORLOCI, 1996). Para ambos os testes a matriz de semelhança foi gerada pela distância euclidiana entre as unidades amostrais, com transformação escalar das variáveis por $\log(x+1)$.

Estes dois testes também foram aplicados para uma comparação dos parâmetros físicos e químicos entre as seis estações amostrais. A matriz de semelhança foi gerada pela distância euclidiana entre as unidades amostrais, sendo aplicada transformação vetorial das variáveis por normalização.

Para ambas as matrizes (densidade do perifiton e parâmetros físicos e químicos) foram utilizados os dados das coletas sazonais.

RESULTADOS / DISCUSSÃO

Análise quali-quantitativa

No conjunto das seis estações de amostragem foram encontrados 75 espécies com a seguinte distribuição por classes: Bacillariophyceae, 44 espécies; Zygnemaphyceae, 17 espécies; Chlorophyceae, 5 espécies; Cyanophyceae, 5 espécies; Oedogoniophyceae, 2 espécies; Xanthophyceae, 1 espécie e Euglenophyceae, 1 espécie. A espécie *Roya obtusa* (BRÉB.) WEST & WEST (Zygnemaphyceae) foi de nova ocorrência para o Estado do Rio Grande do Sul. De forma similar ao encontrado em uma recente revisão sobre algas em rios de regiões temperadas e tropicais (ROJO e outros, 1994; BROWN e AUSTIN, 1973), a maior riqueza específica foi verificada para a classe Bacillariophyceae, exceto para a estação 4. A classe Zygnemaphyceae foi a segunda mais representada (estações 1, 2 e 3).

A figura 1 mostra a variação espaço-temporal dos valores da riqueza específica nas estações amostrais, onde nota-se redução acentuada da riqueza para a estação 4, zona de alto impacto de mineração.

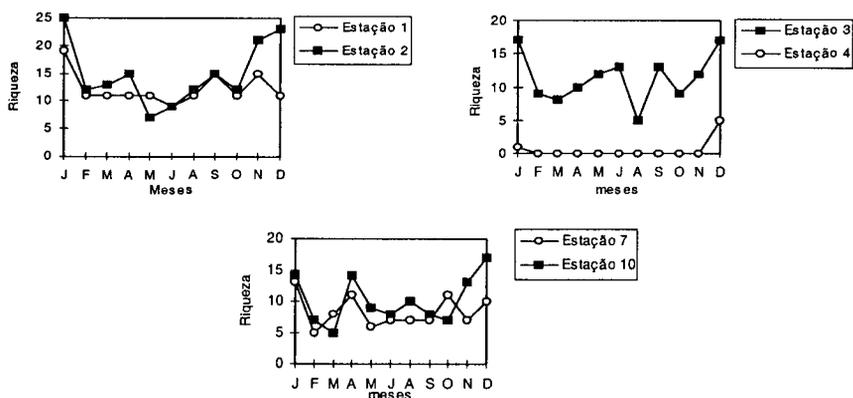


Figura 1. Variação espaço-temporal da riqueza específica nas seis estações amostrais.

No somatório anual, a estação 1 (arroyo Martins), localizada a montante da mineração apresentou a maior riqueza específica, 70% do total de espécies encontradas nas seis estações amostrais (Tabela 1). Na estação a jusante da mineração (estação 2), ocorreu uma sensível redução na riqueza, mas não houve redução na densidade total (Figura 2), podendo este fato estar relacionado ao tamponamento da forte acidez da água superficial pelo processo de calagem, que aumenta a disponibilidade de nutrientes. A espécie *Frustulia rhomboides* foi abundante na maioria dos meses, nestas duas estações, mas ocorreu uma mudança na composição das espécies abundantes na estação a jusante.

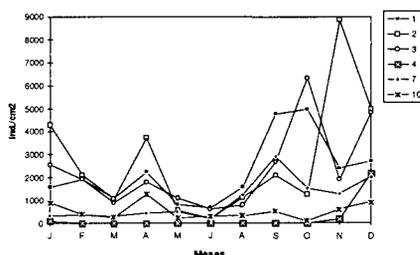


Figura 2. Variação sazonal da densidade total do perifíton (ind./cm²) nas seis estações amostrais.

Nas estações 3 e 4 (arroyo Taquara), respectivamente a montante e a jusante da mineração, houve um acentuado decréscimo na riqueza específica e drástica mudança na composição, abundância e densidade total ao longo do gradiente de poluição, demonstrando o forte impacto da atividade carbonífera sobre a comunidade algal. A estação 3 apresentou 33 espécies e uma densidade total elevada, apesar de apresentar baixa biomassa de *Leersia hexandra*, possivelmente devido ao sombreamento ocasionado pela vegetação marginal arbóreo-arbustiva. A estação 4 apresentou apenas 5 espécies ao longo do período estudado, com densidade nula em quase todo o período, demonstrando forte impacto da atividade carbonífera sobre a comunidade. Contudo, a densidade no mês de dezembro foi relativamente alta, comparáveis aos valores das estações não impactadas. A espécie dominante foi *Stigeoclonium tenue*, indicadora de ambientes fortemente poluídos (LINDSTROM, 1991). De acordo com sistema de pH elaborado por SCHOEMAN (1973), esta espécie é tipicamente acidobiônica, ou seja, com distribuição em águas com pH igual ou inferior a 5, assim como *Hyaloteca mucosa*. *Microspora pachyderma*, a mais abundante nesta estação amostral, foi indiferente aos valores de pH. É encontrada em águas com depósito de ferro em pântanos ácidos (RAMANATHAN, 1964).

Na estação 7, arroyo dos Ratos, ocorreram 19 espécies e baixa densidade, apesar da grande biomassa de *Leersia hexandra*. As espécies mais abundantes foram da classe Bacillariophyceae, família Eunotiaceae: *Eunotia exigua*, *Eunotia flexuosa*, *Eunotia monodon* var. *monodon* e *Eunotia rabenhorstii*, sendo consideradas neste trabalho como espécies tipicamente acidobiônicas. Estas espécies são citadas para ambientes ácidos (SCHOEMAN, 1973; ROSA e outros, 1987; ELORANTA, 1988).

Apesar de não estar inserida na área de influência de mineração de carvão, a estação 10, arroyo da Porteira, apresentou apenas 23 espécies, baixa densidade e uma acentuada substituição temporal das espécies abundantes. Este fato pode estar relacionado à retirada periódica de areia observada nesta estação, que pode ter impedido o estabelecimento da comunidade, e também o efeito de pastejo, pois foi constatada a presença de peixes raspadores como *Microlepidogaster* sp., *Ancistrus brevipinis* e *Hypostomus aspilogaster* (BRUSCHI Jr. e outros, 1996).

As estações 1, 2 e 3, pertencentes à mesma sub-bacia, apresentaram os maiores valores de densidade comparadas às demais estações, assim como a riqueza específica, tendo em comum *Frustulia rhomboides* como abundante na maioria dos meses.

Na Análise de Coordenadas Principais realizada com a matriz de dados quan-

titativos do perífiton (Figura 3), os dois primeiros eixos explicam 30% da variabilidade dos dados. As espécies com coeficientes de correlação mais altos no eixo I com valores positivos são: *Synedra acus/ulna* (0,73); *Anomoeoneis vitrea* (0,45), sendo estas espécies, de acordo com a amplitude de suas distribuições em relação ao pH, consideradas circumneutras; e com valores negativos: *Eunotia monodon* (-0,89); *Eunotia exigua* (-0,77); *Microspora pachyderma* (-0,62); *Eunotia rabenhorstii* (-0,59), no diagrama de dispersão, aumentando da esquerda para direita. Estas são consideradas como espécies acidófilas e indiferentes, sendo *Eunotia exigua* a única neste eixo considerada acidobiônica (pH<5,5). Estas espécies provavelmente separam as estações de amostragem 4 e 7, mais ácidas, das demais.

As espécies com coeficientes de correlação mais altos no eixo II foram, com valores positivos: *Stigeoclonium tenue* (0,53) (acidobiônica), e negativos: *Frustulia rhomboides* (-0,78); *Eunotia faba* (-0,66); *Stenopterobia anceps* (-0,59); *Roya obtusa* (-0,55); *Eunotia rabenhorstii* (-0,51); com espécies circumneutras a indiferentes. No diagrama de dispersão, os valores decrescem de baixo para cima.

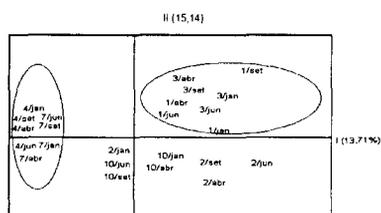


Figura 3. Diagrama mostrando as posições das 24 unidades amostrais no espaço definidos pelos eixos I e II referente à matriz de valores de densidade do perífiton.

O Teste de Aleatorização (Tabela 3) mostrou que, a um nível de significância $\alpha=0,05$, não existe diferença significativa entre as estações de amostragem 1 e 3, estações 4 e 7, e nas estações 4 e 10. Todas as outras estações de amostragem possuem diferenças significativas.

PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS

O resultado da análise de Coordenadas Principais realizado para a matriz de dados físicos e químicos do ambiente encontra-se na Figura 4.

Os dois primeiros eixos da análise explicam 53,32% da variabilidade dos dados. Os descritores originais com coeficientes de correlação mais altos positivos no eixo I foram: Água superficial: Mg (0,88); Sulfato (0,65); Dureza (0,65); Ni (0,64); Condutividade (0,64); e negativos: pH (-0,83); NH_3 (0,69); Alcalinidade (-0,54). Nos sedimentos totais: Ni (0,90); Fe (0,78); K (-0,78); Sedimentos extraíveis: Na (0,85); Ni (0,77); Cu (0,76); Al (0,76); Zn (0,75); Metais em *Leersia*: Cr (0,85); Cu (0,83), sendo que os valores no diagrama aumentam da esquerda para direita.

Tabela 2
VALORES MÍNIMOS, MÉDIOS E MÁXIMOS DAS VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS
MAIS CORRELACIONADAS COM A ANÁLISE DE COORDENADAS PRINCIPAIS

Estações	Valores	pH	Condutividade	Mg	Sulfato	Ni	Dureza	NH ₄	N total	Transparência	Cr	Ca	K	Alcalinidade	Na (s.e.)	Ni (s.e.)	Ca (s.e.)	Zn (s.e.)	Al (s.e.)	K (s.e.)	K (s.tot.)	Pb (s.tot.)	Ni (s.tot.)	Hg (s.tot.)	Cd (s.tot.)	Cu (s.tot.)	Ce (s.tot.)	Ce (Lev)	Cu (Lev)	Pb (Lev)
	média	6.465	25	1.025	1.1	18.3	11.05	6.75	3.445	0.25	6.4	1.32	1.45	0.155	15.95	0.34	0.445	0.83	43.5	12.65	8575	1102	2.95	0.4	0.0145	0.93	1.35	1.55	24.2	1.4
1	Máx	7.28	39	1.3	2	21.5	15.2	11.3	6	0.4	7.1	1.7	1.7	0.09	18.3	0.4	0.5	0.93	50.3	14.5	8710	1566	3.1	0.42	0.016	0.93	1.5	1.6	26.4	1.6
	Mín	5.65	20	0.75	0.2	15.3	6.9	2.2	0.89	0.1	5.7	0.94	1.2	0.22	13.4	0.28	0.39	0.73	36.7	10.8	8440	838	2.8	0.38	0.013	0.91	1.2	1.5	22	1.2
	média	6.355	300	3	133.8	18.2	100.55	54.1	3.11	0.31	5.4	46.25	2.35	0.2175	40.35	1.45	1.8	2.1	176	75.6	3955	3465	7.2	0.275	0.0155	3.45	3.05	1.25	21.65	1.1
2	Máx	6.59	480	3.1	251	18.4	183	98.7	5.4	0.45	5.7	48.3	2.5	0.075	43.9	1.7	2.2	2.3	187	81.2	4240	4480	7.6	0.28	0.017	4	3.3	1.3	22.1	1.2
	Mín	6.12	120	2.9	16.6	18	18.1	9.5	0.82	0.17	5.1	44.2	2.2	0.36	36.8	1.2	1.4	1.9	165	70	3670	2450	6.8	0.27	0.014	2.9	2.8	1.2	21	1
	média	6.65	20	0.575	0.35	15.1	13.55	14.25	2.62	0.21	6.55	1.45	1.65	0.16	21.4	0.12	0.445	0.865	47.25	9.6	4090.5	462.5	1.95	0.43	0.0195	0.845	0.88	1.03	22.25	1.65
3	Máx	7.3	30	0.61	0.6	17.5	21.7	28.5	4.8	0.22	6.7	1.6	2	0.15	22.4	0.13	0.53	0.93	53.1	10.3	4310	600	2.1	0.45	0.021	0.86	0.9	1.2	23	1.7
	Mín	6	10	0.54	0.1	12.7	5.4	0	0.44	0.2	6.4	1.3	1.3	0.17	20.4	0.11	0.36	0.8	41.4	8.9	3871	325	1.8	0.41	0.018	0.83	0.86	0.86	21.5	1.6
	média	3.76	455	2.65	média	30.5	153.9	241.85	3.9	0.15	6.65	36.35	2.8	0	33.4	1.25	1.4	2.05	124	38.1	2748.5	4016	16.55	0.29	0.028	3.5	4	3	41.8	1.65
4	Máx	4.9	750	3.2	455	34.6	250	385	6.6	0.2	7.1	41	3.2	0	36.1	1.5	1.6	2.2	130	40	2870	5087	42.5	0.3	0.03	3.8	4.1	3.3	43.2	2.1
	Mín	2.62	160	2.1	56.3	26.4	47.8	98.7	1.2	0.1	6.2	31.7	2.4	0	30.7	1	1.2	1.9	118	36.2	2627	2945	30.6	0.28	0.026	3.2	3.9	2.7	40.4	1.2
	média	3.605	220	3.4	84.25	18.25	66.5	523.65	3.05	0.65	2.75	9.3	1.5	0.01	48.9	4.85	1.35	2.2	119.15	10.1	826.5	7873	43.25	0.48	0.0555	11.65	16.05	3.55	42.95	3.9
7	Máx	4.5	390	3.8	153	20.2	104	976	3.9	0.9	3.1	103.3	1.9	0	53.8	5.4	1.6	3.4	143	10.3	866	11520	48.2	0.5	0.04	12.7	18	3.8	44	4
	Mín	2.71	50	3	15.5	16.3	29	71.3	2.2	0.4	2.4	8.3	1.1	0.02	44	4.3	1.1	1	95.3	9.9	787	4226	38.3	0.46	0.051	10.6	14.1	3.3	41.9	3.8
	média	6.49	125	0.98	0.65	11.25	14.95	28.8	2.025	0.135	4.2	2.45	1.6	0.0985	8.6	0.93	0.615	0.92	35.85	10.35	10950.5	1575	7.9	0.34	0.0585	3.65	2.1	1.45	24.55	1.3
10	Máx	7.12	230	1.1	1.2	12.5	19.8	57.6	3.6	0.17	4.4	2.5	1.7	0.027	10.8	0.63	0.8	1	40.1	10.6	11271	2164	9.4	0.39	0.06	4.1	2.2	1.5	25.5	1.4
	Mín	5.86	20	0.86	0.1	10	10.1	0	0.45	0.1	4	2.4	1.5	0.17	6.4	0.43	0.43	0.84	31.6	10.1	10630	986	6.4	0.29	0.057	3.2	2	1.4	23.6	1.2

Legenda:
(s.e.) sedimentos raiáveis
(s.tot.) sedimentos totais
(Lev) *Levins hexanalis*

veis: K (-0,74); Metais em *Leersia*: Pb (0,73); sendo que os valores no diagrama decrescem de baixo para cima. Este eixo separa espacialmente a estação 2. Nesta, os valores de cálcio tem um aumento de até 60 vezes em relação às demais. Desta forma, o eixo II pode ser designado como “poluição + neutralização”.

A tabela 2 mostra os valores mínimos, médios e máximos dos parâmetros físicos e químicos mais correlacionados com os dois primeiros eixos da Análise de Coordenadas Principais.

O Teste de Aleatorização (Tabela 4) mostrou que, a um nível de significância $\alpha=0,05$, que não existe diferença significativa entre as estações amostrais 1, 3 e 10. Todas as outras estações de amostragem possuem diferenças significativas.

Tabela 4

Teste de aleatorização da independência dos parâmetros físicos e químicos nas seis estações amostrais. Os dados contêm 24 unidades amostrais. Probabilidades geradas a partir de 1000 interações.

Estações						Nível de significância $\alpha = 0,05$
1	2	3	4	7	10	
1	-1	0	0	0	0	0,012
	0	-1	0	0	0	0,414
1	0	0	-1	0	0	0,001
	0	0	0	-1	0	0,001
1	0	0	0	0	-1	0,11
0	1	-1	0	0	0	0,01
0	1	0	-1	0	0	0,027
0	1	0	0	-1	0	0,001
0	1	0	0	0	-1	0,001
	0	1	-1	0	0	0,002
	0	1	0	-1	0	0,001
	0	1	0	0	-1	0,082
0	0	0	1	-1	0	0,001
	0	0	1	0	-1	0,001
0	0	0	0	1	-1	0,001

CONCLUSÕES

Nas estações de amostragem que obedecem a um aumento no gradiente de poluição, foram observadas mudanças nas características estruturais da comunidade perífita, como redução na riqueza e composição específicas, e presença de espécies acidófilas e acidobióticas.

Através dos resultados obtidos pode-se afirmar que a composição, riqueza específica e densidade da comunidade de algas perifíticas, conjuntamente com os parâmetros físicos e químicos e análises multivariadas, distinguiram as seis estações de amostragem em um gradiente de baixo impacto (estações 1 e 3), intermediário (2 e 10) e de alto impacto de poluição (estações 4 e 7).

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa de mestrado concedida; ao Centro de Ecologia da UFRGS pelas análises físicas e químicas e infra-estrutura oferecida; às técnicas do Núcleo de Vegetais Inferiores da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul pelo auxílio na confirmação de alguns táxons.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BROWN, S. D.; AUSTIN, A. P. Diatom succession and interaction in littoral periphyton and plankton. *Hydrobiologia*, v.43, n.3/4, p.333-356, 1973.
- BRUSCHI JR, W.; MALABARBA, L. R.; PEZZI da SILVA, J. F. Avaliação da qualidade ambiental dos riachos da região carbonífera do baixo Jacuí através das taxocenoses de peixes. Porto Alegre, 1996. Relatório preliminar.
- CAIN, S. A.; CASTRO, G. M. *Manual of vegetation analysis*. New York: Harper, 1959. 325p.
- COLLINS, G. B.; WEBER, C. I. Phycoperiphyton (algae) as indicator of water quality. *Trans. Amer. Soc.*, v.97, n.1, p.36-43, 1978.
- KWANDRANS, J. Diatom communities of acidic mountain streams in Poland. *Hydrobiologia*, n.269/270, p.335-342, 1993.
- ELORANTA, P. Periphyton diatoms as indicators of lake acidity. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, n.2, p.470-473, 1988.
- FAIRCHILD, G. W.; SHERMAN, J. W. Algal periphyton response to acidity and nutrients in softwater lakes: lake comparison vs. nutrient enrichment approaches. *J. N. Benthol. Soc.*, v.12, n.2, p.157-167, 1993.
- LAMPKIN III, A. J.; SOMMERFELD, M. R. Algal distribution in a small, intermittent stream receiving acid mine-drainage. *J. Phycology*, n.18, p.196-199, 1982.
- LINDSTROM, E. A. Use of periphyton for monitoring rivers in Norway: application of previously obtained data to evaluate impacts of acid precipitation. In WHITTON, B. A.; ROTT, E.; FRIEDRICH, G. (Eds.) *Use of algae for monitoring rivers in France*. Austria: Institut fur Botanik, Universitat Innsbruck, 1991. p.75-86.
- LOBO, E. A.; LEIGHTON, G. Estructuras comunitarias de las fitocenoses planctonicas de los sistemas de desembocaduras de ríseo y esteros de la zona central de Chile. *Rev. Biol. Mar.*, Valparaiso, v.22, n.1, p.1-29, 1986.
- MACHADO, N. *Área de estudo do Projeto PADCT/CLAMB*. Mapa básico preliminar, 1993.
- _____. Análise do sedimento. *Projeto PADCT/CLAMB*, 1996. Relatório.
- MÜLLER MELCHERS, H. F. C.; FERRANDO, H. J. Técnica para el estudio de las diatomeas. *Bolm. Inst. Ocean.*, São Paulo, v.7, n.1-2, p.151-60, 1956.

- PILLAR, V. de P.; ORLÓCI, L. On randomization testing in vegetation science: multifactor comparisons of relevé groups. *Journal of Vegetation Science*, n.7, p.585-592, 1996.
- PILLAR, V. de P. 1998. *MULTIV (Versão 1.2)*. Porto Alegre: Departamento de Ecologia/UFRGS, 1998.
- PLANAS, D.; LAPIERRE, L.; MOREAU, G.; ALLARD, M. Structural organization and species composition of lotic periphyton community in response to experimental acidification. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, v.46, 1989.
- PLANAS, D. Acidification effects. In: STEVENSON, R. J.; BOTHWELL, M. L.; LOWE, R. L. (Eds). *Algal ecology. Freshwater benthic ecosystems*. San Diego: Academic Press, 1996. p.497-522.
- RAMANATHAN, K. R. *Ulotricales. Monographs on algae*. New Delhi: ICAR, 1964. 197p.
- RAYA-RODRIGUEZ, M. T. et al. 1996. *Parâmetros físicos e químicos das águas superficiais*. Porto Alegre, 1996. 107p. Relatório.
- REITZ, R. 1982. *Flora ilustrada catarinense: as plantas gramíneas*. Itajaí, SC: CNPq-IBDF-SAA-HBR, 1982. 472p., 90 est., 95 mapas.
- ROJO, C.; COBELAS, M. A.; ARAUZO, M. An elementary, structural analysis of river phytoplankton. *Hydrobiologia*, n.289, p.43-55, 1994.
- ROSA, Z. M.; UNGARETTI, I.; KREMER, L. M.; SILVA, S. M. A.; CALLEGARO, V. L. M.; WERNER, V. R. Ficoflora de ambientes lênticos - estudo preliminar da região de Charqueadas, Rio Grande do Sul, Brasil, com vistas à avaliação ambiental. *Acta bot. bras.*, Rio de Janeiro, v.1, n.2, p.165-88, 1987.
- ROTT, E. Methodologica aspects and perspectives in the use of periphyton for monitoring and protecting rivers. In: WHITTON, B. A.; ROTT, E.; FRIEDRICH, G. (Eds). *Use of algae for monitoring rivers*. Austria: Institut für Botanik, Universität Innsbruck, 1991. P.9-16. (Developments in Hydrobiology, 17).
- ROUND, E. E. Diatoms in river water-monitoring studies. *Journal of Applied Phycology*, n.3, p.129-145, 1991.
- SABATER, S.; ARMENGOL, J.; MARTI, E. et al. Benthic diatom communities in the river Ter, Spain. In: WHITTON, B. A.; ROTT, E.; FRIEDRICH, G. (Eds). *Use of algae for monitoring rivers*. Austria: Institut für Botanik, Universität Innsbruck, 1991. p.157-163. (Developments in Hydrobiology, 17).
- SCHWARZBOLD, A. *Efeitos do regime de inundação do rio Mogi-Guaçu (SP) sobre a estrutura, diversidade, produção e estoques do perifiton de Eichornia azurea (Sw)Kunth da lagoa do Infernã*. São Carlos, 1992. Tese de Doutorado. 237p.
- SCHOEMAN, F. R. *A systematical and ecological study of the diatom flora of Lesotho with special reference to the water quality*. Pretoria: C.S.I.R. 1973. 355p. II.
- TURNER, M. A.; HOWELL, E. T.; SUMMERBY, M.; HESSLEIN, R.; FINDLAY, D. L.; JACKSON, M. B. Changes in epilithon and epiphyton associated with experimental acidification of lake to pH 5. *Limnol. Oceanogr.*, v.36, n.7, p.1390-1405, 1991.
- UTERMÖHL, H. Zur Vervollkommung der quantitativen phytoplankton-methodik. *Mittl. Internat. Vereinig. J. Limnologie*, v.9, p.1-39, 1958.
- WETZEL, R.G.; LIKENS, G. E. *Limnological analysis*. New York: Springer-Verlag, 1979. 391p.