

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.

BIOMONITORAMENTO DA ÁREA SOB INFLUÊNCIA DA EXPLORAÇÃO CARBONÍFERA ATRAVÉS DE TESTES DE TOXICIDADE COM CLADOCERA (CRUSTACEA; BRANCHIOPODA)

Liane Biehl Printes
Maria Beatriz Camino Bohrer
Carina M. S. Portela
Carlos Eduardo Güntzel

INTRODUÇÃO

O monitoramento ambiental, inserido em um processo de análise ambiental, assume a função de caracterizar e acompanhar as mudanças decorrentes da introdução de uma atividade transformadora no ambiente.

De acordo CHAPMAN (1989), o monitoramento pode ser definido como sendo uma coleção sistemática de dados sobre uma base espacial ou temporal.

Existem, basicamente, dois tipos de monitoramento: o monitoramento através de variáveis físicas e químicas no ambiente, e o monitoramento que avalia as respostas de organismos a mudanças no ambiente, o qual é definido como monitoramento biológico ou biomonitoramento. O primeiro demonstra que níveis de contaminação estão alterando no tempo e/ou no espaço, enquanto que os métodos biológicos são capazes de prover informações sobre a resposta dos organismos aos efeitos integrados de condições ambientais e contaminantes.

Vários são os autores que têm apontado para a necessidade da inclusão do monitoramento biológico para uma real avaliação da qualidade ambiental. Dentre estes autores podem ser citados: BOUDOU e RIBEYRE (1989), CHAPMAN (1989), FOWLER e AGUIAR (1991), ARAÚJO (1995).

O monitoramento biológico pode ser subdividido em dois tipos distintos: o passivo e o ativo. No biomonitoramento passivo estão incluídas as técnicas de avaliação

de campo, onde são analisadas as comunidades biológicas ou biocenoses. O biomonitoramento ativo inclui os testes de toxicidade aguda e crônica realizados em condições controladas de laboratório (ARAÚJO, 1995).

Os testes de toxicidade são caracterizados como agudos quando têm por finalidade avaliar a ocorrência de efeitos a curto prazo sobre a sobrevivência (mortalidade ou imobilidade) dos organismos expostos. Quando o objetivo é a avaliação de efeitos a longo prazo, ou seja, quando envolve toda ou uma faixa considerável do ciclo de vida dos organismos, onde efeitos sub-letais, como alterações na reprodução, crescimento, comportamento, longevidade, entre outros, são observados, os testes são classificados como crônicos (CETESB, 1991*).

São muitas as variantes das técnicas empregadas em testes de toxicidade. Fundamentalmente, estas técnicas baseiam-se na observação dos efeitos que substâncias químicas puras ou misturas complexas, como efluentes industriais, têm sobre organismos vivos (ZAMBONI, 1993).

Os testes de toxicidade podem ainda ser realizados com amostras oriundas de ambientes naturais, são os testes de toxicidade ambientais, onde o estresse sobre o organismo é produzido pela exposição a amostras de águas naturais (*receiving waters*), ou de sedimentos, coletadas diretamente no corpo receptor (ELDER, 1990).

Dentre os organismos de água doce passíveis de serem utilizados em testes de toxicidade estão os microcrustáceos dos gêneros *Daphnia* e *Ceriodaphnia*. Estes cladóceros apresentam vários dos requisitos que, de acordo com RAND e PETROCELLI (1985), devem ser considerados na seleção de organismos para testes: alta sensibilidade, disponibilidade e abundância, conhecimento sobre a biologia e facilidade do cultivo em laboratório. Muitas espécies, pertencentes a estes dois gêneros, vêm sendo tradicionalmente empregadas em testes padronizados para a avaliação de toxicidade aguda e crônica de substâncias puras ou complexas e de amostras de água natural, sendo que no Brasil destacam-se *Daphnia similis* e *Ceriodaphnia dubia*.

Enquanto a maioria das avaliações de toxicidade têm sido enfocadas na qualidade de efluentes, na avaliação de substâncias químicas e nos efeitos na coluna d'água, métodos para a determinação da qualidade dos sedimentos constituem uma preocupação mais recente (MACIOROWSKI e outros, 1982; SASSON-BRICKSON e BURTON, 1990).

A importância dos sedimentos nos ecossistemas aquáticos é apontada para o fato deste compartimento servir ao mesmo tempo como depósito e fonte de matérias orgânicos e inorgânicos (WETZEL, 1981). A maioria das decomposições ocorrem no sedimento e grande parte dos químicos de origem antropogênica, assim como materiais orgânicos, tendem a se concentrar no sedimento (BURTON, 1994).

Ainda que os estudos ecotoxicológicos de sedimentos sejam recentes, já existem várias metodologias de testes agudos e crônicos, feitos com bactérias, fitoplâncton, nematoides, crustáceos, anelídios, bivalvos, equinodermos e peixes (BURTON e SCOTT, 1992).

Metodologias para a utilização dos cladóceros dos gêneros *Daphnia* e *Ceriodaphnia* em testes para a avaliação da toxicidade em amostras de sedimento têm sido descritas (ASTM, 1991; BURTON, 1994). *Ceriodaphnia dubia* tem mostrado ser uma espécie sensível e utilizável em avaliações de toxicidade com amostras de sedimento (SASSON-BRICKSON e BURTON, 1990).

Este trabalho justifica-se pela necessidade de avaliar os efeitos decorrentes das atividades ligadas a exploração e utilização do carvão sobre os organismos vivos. Somente com a realização de testes de toxicidade pode-se obter informações a respeito dos efeitos resultantes das interações entre condições ambientais e contaminantes. Deste modo, efeitos antagônicos, sinérgicos e aditivos podem ser detectados sobre as comunidades presentes no ecossistema.

O presente trabalho teve por objetivos: 1. Avaliar a toxicidade aguda das águas superficiais da Microrregião Carbonífera do Baixo Jacuí para *Daphnia similis*; 2. Avaliar a toxicidade crônica das águas superficiais e sedimentos da Microrregião Carbonífera do Baixo Jacuí para *Ceriodaphnia dubia*; 3. Determinar a estrutura das comunidades zooplactônicas existentes na Microrregião Carbonífera do Baixo Jacuí, através do estudo da composição específica e distribuição horizontal.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção de amostras das águas superficiais

Para a realização de testes de toxicidade aguda e crônica com *Daphnia similis* e *Ceriodaphnia dubia*, respectivamente, foram utilizadas amostras instantâneas (simples) de água coletadas na superfície do rio, no sentido da corrente. As amostras foram obtidas em cinco campanhas a campo. A primeira campanha correspondeu a janeiro, a segunda a março, a terceira a abril, a quarta a julho e a quinta a agosto de 1994.

As coletas foram efetuadas em frascos de polietileno. Para evitar a presença de ar, os frascos eram totalmente preenchidos com a amostra. Imediatamente após a coleta as amostras eram acondicionadas em isopor com gelo e levadas ao laboratório. Parte da amostra, que deveria ser utilizada nas primeiras 48 horas para a montagem dos testes agudo e crônico, foi mantida resfriada em geladeira a 4°C. Congelou-se o restante a fim de ser utilizado na manutenção do teste crônico.

Obtenção de amostras dos sedimentos

As amostras dos sedimentos para a realização do teste crônico com *Ceriodaphnia dubia* foram obtidas com um coletor de fundo tipo draga *mud-snapper* em setembro de 1994.

Imediatamente após a coleta, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, os quais foram fechados e transportados para o laboratório em isopor com gelo. No laboratório as amostras foram mantidas resfriadas em geladeira a 4°C conforme a Norma da ASTM (1991), tendo sido utilizadas durante as primeiras 24 horas.

Análises físicas e químicas

Águas superficiais

As campanhas a campo 1, 3 e 4 coincidiram, respectivamente, com as coletas 3, 4 e 5 do grupo de águas do Projeto PADCT/CIAMB. Para estas três campanhas foram utilizados os dados do Projeto.

As campanhas 2 e 5, foram realizadas independentemente. Em relação a estas duas campanhas a coleta, a preservação e as análises das amostras foram efetuadas nas dependências do Centro de Ecologia da UFRGS, seguindo as mesmas metodologias utilizadas para a obtenção dos dados do Projeto. Nestas duas campanhas, foram realizadas as análises das variáveis com maior tendência à variação temporal e daquelas de maior influência provável nos testes de toxicidade, além dos metais, conforme sugerido pela coordenação do grupo responsável pelas análises físicas e químicas do Projeto PADCT/CIAMB. As variáveis analisadas foram: temperatura, pH, condutividade, cloretos, sulfato, alcalinidade, dureza, transparência, turbidez, nitrato, nitrito, amônia, sólidos sedimentados e oxigênio dissolvido. Os metais analisados foram: Al, As, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Se e Zn.

Sedimentos

A campanha a campo realizada para a obtenção das amostras dos sedimentos coincidiu com a 6ª coleta do grupo de águas do Projeto PADCT/CIAMB. As variáveis temperatura, pH e condutividade, bem como os metais Ca, Mg, Na, K, Fe, Mn, Al, Cu, Cr, As, Se, Hg, Ni, Pb, Cd e Zn, foram analisadas para a caracterização das amostras. Nesta campanha, foram utilizados os dados do Projeto

Testes de toxicidade

Águas superficiais

Para a avaliação da toxicidade aguda e crônica realizaram-se testes com *Daphnia similis* e *Ceriodaphnia dubia*, respectivamente.

Foram considerados os testes agudos correspondentes às campanhas 1, 2, 3 e 5. Indivíduos jovens, com menos de 24 horas de vida, foram expostos às amostras não diluídas, ou seja, a 100% de concentração. A metodologia adotada segue os critérios estabelecidos por EPA (1991), IBAMA (1989) e CETESB (1991a).

Com o objetivo de caracterizar o efeito do pH na toxicidade aguda para *Daphnia similis*, as amostras que apresentaram este parâmetro inferior a 5,0 foram analisadas duas vezes: (1) o pH não foi corrigido; (2) o pH foi ajustado para $7,0 \pm 0,2$ utilizando-se Hidróxido de Sódio, NaOH 1 N.

Em relação a toxicidade crônica, foram considerados 5 testes, correspondentes a cada uma das cinco campanhas, as amostras também foram analisadas a 100% de concentração. A metodologia adotada segue os critérios estabelecidos por EPA (1989) e CETESB (1991b). No teste crônico procurou-se isolar o efeito do pH, neste caso, todas

as amostras que apresentavam pH inferior a 5,0 tiveram este parâmetro ajustado para $\pm 7,0$, utilizando-se NaOH 1 N. Foram avaliados o crescimento individual, a reprodução e a sobrevivência dos organismos-teste.

A partir do segundo teste agudo e do segundo teste crônico foi introduzida uma bateria controle com água de cultivo, já que as estações previamente estabelecidas como de referência falharam no objetivo inicial de serem usadas como controle para os testes de toxicidade. Nas campanhas 5 e 6 não foram realizados testes com amostras da estação 6.

Sedimentos

O teste de toxicidade crônica para *C. dubia* com amostras dos sedimentos foi realizado em setembro de 1994. Da mesma maneira que para os testes realizados com amostras de água, foram avaliados os parâmetros crescimento individual, reprodução e sobrevivência. A metodologia adotada baseou-se na Norma ASTM (1991) e nos trabalhos de BURTON (1994a, 1994b¹).

Análise estatística dos resultados dos testes de toxicidade

Na análise estatística dos resultados dos testes de toxicidade utilizou-se o programa computacional TOXSTAT 3.3 (GULLEY e outros, 1991)

Foram realizadas análises de correlações simples entre os resultados obtidos nos testes de toxicidade e os dados físicos e químicos. Para tal, foram utilizados os coeficientes de correlação linear de Pearson ou Spearman (ANDERSON, 1958), conforme o número de casos. Na análise dos dados obtidos com águas superficiais foram utilizados os dados médios das cinco campanhas. Tanto na análise dos dados das águas quanto dos sedimentos, as variáveis foram agrupadas por sub-bacia.

Com o objetivo de agrupar as estações de coleta conforme a tendência das repostas obtidas nos testes de toxicidade aguda e crônica com águas superficiais e no teste com sedimentos, foram realizadas análises de agrupamento. Para tal, foram utilizados como descritores os dados de toxicidade e como objetos as estações de coleta. As variáveis foram padronizadas, sendo utilizado o método de agrupamento pela média (Average Linkage) e a medida de distância euclidiana (POSSOLI, 1982; LEGENDER e LEGENDER, 1983; RIOS e CALIJURI, 1995).

Análise do zooplâncton

Visando conhecer a composição específica e a distribuição espacial do zooplâncton nas dez estações de coleta analisadas, foi realizada uma campanha a campo em outubro de 1994 para a obtenção de amostras.

Para cada amostra foram coletados 100 litros de água utilizando-se balde com capacidade para 10 litros. Toda a água coletada foi filtrada em rede de zooplâncton de 58

¹ BURTON, G.A. Jr. 1994b. Anotações do curso "Sediment Toxicity Assessment" ministrado durante o "I Simpósio Latino Americano sobre Saúde de Ecossistemas Aquáticos e Significado Ecológico de Bioensaios". São Carlos, SP, de 11 a 14 de outubro de 1994.

mm de abertura de malha. As amostras, concentradas em 150 ml, foram imediatamente fixadas em solução de formol a 4% tamponado com borax a 1%.

Em cada estação de amostragem foi realizada uma coleta. A análise qualitativa foi realizada utilizando-se microscópio óptico binocular Carl Zeiss, sob aumento de 100 vezes. Para a identificação das espécies zooplancônicas, utilizou-se como base os trabalhos de SMIRNOV (1974), BARNES (1984) e BOHRER (1985).

COEFICIENTE DE SIMILARIDADE

A fim de determinar o grau de semelhança entre as comunidades zooplancônicas das amostras oriundas das dez estações de coleta, foi determinado o coeficiente de similaridade (SOUTHWOOD, 1986).

Primeiramente, foi elaborada uma tabela onde a presença e ausência das espécies na relação das dez estações de coleta foi computada.

Para a determinação da similaridade, foi utilizado o coeficiente de similaridade de Dice (LUDWIG & REINOLDS, 1988).

A matriz resultante é uma matriz simétrica de similaridade. Através da análise de agrupamento ou *cluster analysis* (LEGENDER e LEGENDER, 1983), foi feita a ordenação dos objetos (estações de coleta) e descritores (espécies). O resultado desta análise é apresentado como um dendograma, onde as estações de coleta encontram-se interligados sob a forma de dentritos, de acordo com a similaridade obtida.

DISCUSSÃO

Avaliação da toxicidade aguda e crônica das águas superficiais da Microrregião Carbonífera do Baixo Jacuí

TOXICIDADE AGUDA PARA *Daphnia similis*

Nos testes realizados com *Daphnia similis* de janeiro a agosto de 1994, o efeito agudo (imobilidade em 48 horas) foi detectado, de modo geral, para as águas superficiais que apresentavam baixo pH e não tiveram este parâmetro corrigido.

Conforme apresentado na Tabela 1, as águas superficiais (sem ajuste de pH) que provocaram efeito agudo em *D. similis* foram as provenientes das estações de coleta da sub-bacia do arroio do Conde (estações 2, 4 e 6) e da sub-bacia do arroio dos Ratos (estação 7). As amostras da sub-bacia do arroio da Porteira não causaram toxicidade aguda. Entretanto, foram verificados indícios de toxicidade em organismos expostos à amostra da estação 9. Indícios de toxicidade foram também observados em organismos submetidos à amostra da estação 5, localizada na sub-bacia do arroio do Conde. Não foram verificados quaisquer efeitos, quanto a toxicidade aguda, para os organismos expostos às amostras das estações denominadas de referência das três sub-bacias, ou seja, estações 1, 3, 8 e 10.

Os resultados obtidos ressaltam a influência do pH na sobrevivência dos organismos. As análises de correlações múltiplas entre as variáveis físicas e químicas e a tendência da toxicidade aguda das águas superficiais para *Daphnia similis* mostraram que, tanto para a sub-bacia do Arroio do Conde, quanto para a sub-bacia do Arroio dos Ratos, houve forte correlação inversa do pH com a toxicidade aguda. Os valores dos coeficientes de correlação linear de Pearson ($p < 0,005$) foram -0,8455 e -0,8452, respectivamente, para as duas sub-bacias.

Outras variáveis podem ser destacadas por terem apresentado correlação direta, embora mais fracas, com a toxicidade aguda, são elas: alcalinidade, condutividade e os teores de cálcio, magnésio, sódio, ferro, potássio e zinco, na Sub-Bacia do Arroio do Conde e alcalinidade, condutividade e teores de cálcio, na sub-bacia do Arroio dos Ratos (Anexo 1).

TOXICIDADE CRÔNICA PARA *Ceriodaphnia dubia*

Em relação a toxicidade crônica das águas superficiais para *Ceriodaphnia dubia*, verificou-se que, de um modo geral, o ajuste do pH naquelas amostras onde este parâmetro constituía um fator crítico, foi uma medida eficiente no sentido de permitir a sobrevivência dos organismos-teste e a avaliação dos efeitos sub-letais.

A análise do comprimento médio das primíparas do controle em relação ao comprimento dos organismos expostos às amostras provenientes das diferentes estações de coleta (sobreviventes até o final do teste crônico), indicou a inexistência de diferenças significativas. Desta forma, não foi observada toxicidade crônica, em relação ao crescimento do corpo.

O comprimento do corpo em cladóceros não tem demonstrado ser um parâmetro muito sensível em testes de toxicidade crônica (FONSECA, A.L., 1991; UTZ, 1994; PEDROZO, 1995; BOHRER, 1995).

Quanto a fecundidade média, analisando-se os dados obtidos para os organismos expostos às amostras das diferentes estações de coleta ao longo dos cinco testes realizados, observa-se que este parâmetro mostrou ser o mais sensível.

De fato, a reprodução dos dafnídeos tem sido documentada como o parâmetro mais sensível em avaliações de toxicidade crônica (COWGILL e MILAZZO, 1990; COWGILL e MILAZZO, 1991; BELANGER e CHERRY, 1990; CHANDINI, 1987).

Em relação a sobrevivência de *C. dubia* nos testes crônicos, observou-se efeito agudo para os organismos expostos à amostra da estação 4 no teste 3, os quais morreram antes do terceiro dia de teste. Este efeito deve-se, provavelmente, a problemas no ajuste do pH da amostra visto que o pH final foi de 4,94.

As variáveis que se destacaram por apresentar correlação com a toxicidade crônica em termos de reprodução e sobrevivência nas sub-bacias dos arroios do Conde e Ratos foram: condutividade, dureza, ferro, níquel, sulfato, sódio, alcalinidade, magnésio e manganês (Anexo 1).

AValiação da toxicidade crônica dos sedimentos da Microrregião Carbonífera do Baixo Jacuí para *Ceriodaphnia dubia*

O teste realizado com amostras inteiras dos sedimentos no presente trabalho, indicaram toxicidade na sub-bacia do arroio do Conde, mais especificamente nas estações de coleta 2 e 4. Não foram encontrados quaisquer efeitos tóxicos nos organismos expostos às amostras provenientes das demais estações de coleta.

Para os organismos expostos à amostra da estação 4, foi verificado um efeito agudo já que os organismos sobreviveram somente até o segundo dia do teste. Este efeito deve-se, provavelmente, às ações diretas do baixo pH sobre os organismos, uma vez que o pH medido no final do teste foi de 3,94

Com a amostra da estação 2 foi obtida uma reprodução média baixa (7,1 neonatas/fêmea), significativamente diferente dos dados obtidos para o controle de laboratório (15,9 neonatas/fêmea) e menor que o obtido para os demais tratamentos. Pode ser observado ainda um crescimento menor dos organismos expostos à amostra da estação 2 em relação aos demais tratamentos, embora esta diferença não tenha sido significativamente diferente do controle.

A toxicidade observada para amostra da estação 2 parece não estar relacionada ao efeito direto do pH, uma vez que os organismos apresentaram alta taxa de sobrevivência no final do teste (89%). Entretanto, o pH medido no final do teste mostrou um valor baixo (4,75), o que poderia ter contribuído para uma maior solubilidade dos diversos íons metálicos associados ao sedimento.

Segundo VEVEY e outros (1993), mudanças nas condições físicas e químicas da interface água-sedimento podem causar uma maior solubilização dos metais pesados imobilizados.

A análise de correlações entre os dados de toxicidade, parâmetros físico-químicos e dados de granulometria dos sedimentos da sub-bacia do arroio do Conde indicaram alta correlação inversa entre crescimento, reprodução e sobrevivência versus porcentagem de silte (anexo 2). De fato, embora representem valores baixo, as maiores porcentagens de silte foram encontradas nas amostras provenientes das estações 2 e 4, com 0,1 e 0,3%, respectivamente, em relação aos demais grãos. Esta correlação conduz a uma associação entre a toxicidade e a presença de partículas finas no sedimento.

Vários autores, citados por VEVEY e outros (1993), têm demonstrado uma estreita correlação entre a concentração Co, Cu, Ni, Ag, As, Fe, Mn e Hg, e as partículas finas do sedimento. Segundo STEMMER e outros (1990), tem sido encontrada uma relação entre partículas finas do sedimento (argila e silte) e toxicidade do sedimento tem sido demonstrada.

Considerações finais sobre a toxicidade das águas e sedimentos da Microrregião Carbonífera do Baixo Jacuí

Com relação à toxicidade das águas superficiais para *Daphnia similis* e/ou para *Ceriodaphnia dubia*, os resultados obtidos no presente estudo demonstram que as estações de coleta cujas amostras apresentaram efeitos adversos para a sobrevivência e reprodução encontram-se na sub-bacia do arroio do Conde (estações 2, 4 e 6) e na sub-bacia do arroio dos Ratos (estação 7) (Apêndice 5).

De fato, a análise de agrupamento das estações de coleta com relação à toxicidade das águas superficiais para *D. similis* e *C. dubia* (Figura 4) mostra que as estações 2, 7 e 6 tendem a constituir um grupo, sendo que a estação 4 é isolada das demais.

Quanto à toxicidade dos sedimentos para *Ceriodaphnia dubia*, verifica-se que as estações com amostras de pior qualidade encontram-se na sub-bacia do arroio do Conde (estações 2 e 4) (Figura 8).

Também neste caso a análise de agrupamento está de acordo (Figura 5), indicando que, segundo a toxicidade dos sedimentos para *C. dubia*, as estações 2 e 4 tendem a formar grupos isolados das demais.

A não observância de toxicidade dos sedimentos em outros locais onde esta poderia ser esperada, como por exemplo na sub-bacia do arroio dos Ratos, pode estar relacionada ao fato dos testes terem sido realizados com amostras das camadas mais superficiais do sedimento (podendo estar associado ao tipo de coletor utilizado).

Para BURTON (1991), as camadas superficiais do sedimento constituem um bom indicativo de atividades recentes na bacia hidrográfica. São as camadas mais profundas dos sedimentos no entanto, que acumulam os dados históricos de contaminação. Estas camadas são mais permanentes no local e não participam ativamente das trocas entre sedimento e água, embora possam ser reintroduzidas a porção ativa do sedimento após uma severa chuva, por exemplo, ou outros fatores hidrogeológicos.

Pelo fato de a contaminação na sub-bacia do arroio dos Ratos apresentar uma característica histórica de mineração antiga, a realização de testes de toxicidade com camadas mais profundas dos sedimentos talvez pudesse gerar informações mais completas.

Análise do zooplâncton

A riqueza encontrada para a região estudada está de acordo com o observado para rios em geral. Segundo WINNER (1975), os rotíferos, cladóceros e copépodos são membros dominantes em comunidades zooplancctônicas de sistemas fluviais.

As dez estações de amostragem, de forma geral, apresentaram baixa riqueza de taxa identificados. Em relação a sub-bacia do arroio do Conde observa-se que a estação de coleta 4 apresentou o menor número de taxa, o qual foi igual a 2. As estações 1 e 3 também apresentaram baixa diversidade com 4 e 3 taxa, respectivamente. A riqueza foi maior nas estações 2, 5 e 6 onde o número de taxa encontrado foi de 8, 13 e 9, respectivamente. Nas estações amostrais situadas na sub-bacia do arroio dos Ratos a riqueza foi maior para a estação 7 onde foram identificados 6 taxa. A estação de coleta 8 apresentou 5 taxa. Para a sub-bacia do Arroio da Porteira foi encontrado o mesmo número de 8 taxa para as estações de coleta 9 e 10.

CONCLUSÕES

- As águas superficiais da Sub-bacia do arroio do Conde e da sub-bacia do arroio dos Ratos apresentaram efeitos tóxicos agudos para *Daphnia similis*.

– Na sub-bacia do arroio do Conde foram observados efeitos tóxicos agudos para *Ceriodaphnia dubia*.

– Uma das principais variáveis a influenciar na toxicidade aguda foi o pH das águas superficiais, tanto na Sub-bacia do arroio do Conde quanto na sub-bacia do arroio dos Ratos.

– As águas superficiais das sub-bacias do arroio do Conde, do arroio da Porteira e do arroio dos Ratos, não apresentaram efeitos crônicos para o crescimento individual de *Ceriodaphnia dubia*.

– As águas superficiais das sub-bacias do arroio do Conde, do arroio da Porteira e do Arroio dos Ratos, apresentaram efeitos crônicos para a reprodução de *Ceriodaphnia dubia* em um dos testes realizados, este efeito provavelmente está relacionado às altas taxas de precipitação observadas antes e durante a coleta das amostras.

– Os sedimentos da sub-bacia do arroio do Conde apresentaram efeitos tóxicos agudos e crônicos (reprodução) para *Ceriodaphnia dubia*. O efeito agudo deve-se, provavelmente, à influência do baixo pH e o efeito crônico está, provavelmente, associada à presença de partículas finas no sedimento.

Sugestões

Em relação ao projeto:

– Dar continuidade ao monitoramento da região, de modo a aprofundar os conhecimentos dos danos ambientais provocados pelas atividades ligadas a exploração do carvão.

Em relação ao subprojeto:

– Dar continuidade ao monitoramento através dos testes de toxicidade;

– Realizar testes com amostras de camadas mais profundas dos sedimentos da sub-bacia do arroio dos Ratos para a avaliação da toxicidade, de modo a obter informações sobre as atividades passadas ligadas a exploração do carvão;

– Aprofundar os estudos sobre a estrutura da comunidade zooplancônica com relação a composição de espécies e distribuição horizontal, de modo a identificar possíveis alterações em função das atividades ligadas à exploração do carvão, procurando relacionar com os resultados obtidos com os testes de toxicidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, T. W. *An introduction to multivariate statistical analysis*. Canadá: John Wiley & Sons, 1958. p.243.
- ARAÚJO, P. R. P. Biomonitoramento da qualidade da água do Guandu e do Paraíba. *Revista FEE-MA*, Secretaria do Estado de Meio Ambiente, Rio de Janeiro, v.4, n.18. p.22-25, 1995.
- ASTM. Standard guide for conducting sediment toxicity tests with freshwater invertebrates. *ASTM E 1383-90*, 1991. 20p

- BARNES, R. D. *Zoologia de invertebrados*. 4.ed. São Paulo: Roca, 1984. 1179p.
- BELANGER, S. E.; CHERRY, D. S. Interacting effects of pH acclimation, pH, and heavy metals on acute and chronic toxicity to *Ceriodaphnia dubia* (Cladocera). *J. Crust. Bio.*, v.10, n.2, p.225-235, 1990.
- BOHRER, M. B. C. *Estudo das populações de Cladocera na lagoa Emboaba, Tramandai, RS. (Crustacea; Branchiopoda)*. Porto Alegre, 1985. Dissertação de Mestrado - Pós-Graduação em Ecologia/ UFRGS. 170p.
- BOHRER, M. B. C. *Biomonitoramento das lagoas de tratamento terciário do sistema de tratamento dos efluentes líquidos industriais (SITEL) do Pólo Petroquímico do Sul, Triunfo, RS, através da comunidade de zooplânctônica*. 1995. São Paulo, 1995. Tese de Doutorado - Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais/ UFSCar. 469p.
- BOUDOUD, A.; RIBEYRE, F. *Aquatic ecotoxicology: fundamental concepts and methodologies*. Flórida: Alain Boudou & Francis Ribeyre Eds., 1989. v.1, cap. 3, p.35-75.
- BURTON JR, G. A.; MACPHERSON, C. Sediment toxicity testing issues and methods. In: HOFFMAN, D.J.; RATTNER, B.A.; BURTON JR, G.A.; CAIRNS JR, J. (Eds.) *Handbook of ecotoxicology*. Boca Raton, FL: Lewis Publishers, 1994. (In press.)
- BURTON JR, G. A.; SCOTT, K. J. Sediment Toxicity evaluations. Their niche in ecological assessments. *Environm. Sci. Technol.*, v.26, p.2068-2075. 1992.
- BURTON JR, A. G., Assessing the Toxicity of Freshwater Sediments. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v.10, p. 1585-1627, 1991.
- CETESB. *Água - teste de toxicidade aguda com Daphnia similis Claus, 1876 (Cladocera, Crustacea)*. São Paulo: CETESB, 1991a. 28p. Norma Técnica L5 018.
- CETESB. *Água - avaliação de toxicidade crônica utilizando Ceriodaphnia dubia Richard, 1894 (Cladocera, Crustacea)*. São Paulo: CETESB. 1991b. 25p. Norma Técnica L5 022.
- CHANDINI, T. Effects of chronic acid stress on the survivorship, growth and reproduction of *Daphnia carinata* (Daphniidae) and *Echinisca triscerialis* (Macrothricidae) (Crustacea: Cladocera). *Ecophysiology of Acid Stress in Aquatic Organisms*. Witters, H., Vanderborgh, O. Eds. v.17, n.1, p.89-103, 1987.
- CHAPMAN, D. V. *Concepts and strategies for biological monitoring*. London: GEMS Monitoring and Assessment Research Center, 1989. 25p.
- COWGILL, U. M.; MILAZZO, D. P. Demographic effects of salinity, water hardness and carbonate alkalinity on *Daphnia magna* and *Ceriodaphnia dubia*. *Arch. Hydrobiol.*, v.122, n.1, p.33-56, 1991.
- COWGILL, U. M.; MILAZZO, D. P. The sensitivity of two cladocerans to water quality variables: salinity and hardness. *Arch. Hydrobiol.*, v.120, n.2 p.185-196, 1990.
- ELDER, J. F. Applicability of ambient toxicity to national or regional water-quality assessment. *US Geological Survey Circular*. I.R.C. 1049, 1990. 49p.
- EPA. US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Methods for measuring the acute toxicity of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms. 4.ed. Washington, D.C.: EPA. 1991. EPA - 600/4 - 90/027. 293p.
- EPA. US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluents and receiving waters to freshwater organisms, 2.ed. Cincinnati, OH: EPA, 1989. EPA-600/4-89/001. 250p.
- FONSECA, A. L. *A biologia das espécies Daphnia laevis, Ceriodaphnia dubia silvestris (Crustacea, Cladocera)*

- e *Poecilia reticulata* (Pisces, Poeciliidae) e o comportamento destes em testes de toxicidade aquática com efluentes industriais. São Paulo, 1991. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos/ UFSCar. 210p.
- FOWLER, H. G.; AGUIAR, A. M. A integração da teoria ecológica na análise ambiental. In: TAUKE, S. M.; GOBBI, N.; FOWLER, H. G. (Orgs.). *Análise ambiental: uma visão multidisciplinar*. São Paulo, 1991. p.133-141.
- GULLEY D. D.; BOELTER, A. M.; BERGMAN, H. L. TOXSTAT 3.3. Computer Program, 1991.
- IBAMA. *Manual de testes para avaliação da ecotoxicidade de agentes químicos*. Brasília: Secretaria Especial do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis., 1989. 210p.
- LEGENDER, L.; LEGENDER, P. *Numerical ecology*. Amsterdam: Elsevier Scientific Publish, 1983. 419p. (Developments in environmental modelling, 3)
- LUDWIG, J. A.; REINOLDS, J. F. *Statistical ecology - a primer on methods and computing*. New York: John Wiley & Sons, 1988. 337p.
- NACIOROWSKI, A. F.; LITTLE, L. W.; RAYNOR, L. F. Bioassays- procedures and results. *Journal WPCF*, v.54, n.6. p.830-848, 1982.
- PEDROZO, C. S. *Biomonitoramento do efluente final líquido da Refinaria de Petróleo Alberto Pasqualini, Canoas, R.S. Através de testes de toxicidade com Daphnia similis (Cladocera: Crustacea)*. Porto Alegre, 1995. Dissertação de Mestrado - Pós-Graduação em Biociências. Instituto de Biociências/ PUC. p.162.
- POSSOLI, S. Análise multivariada. *Cadernos de Matemática e Estatística*. Série B. Trabalho de Apoio Didático. Instituto de Matemática/UFRGS, n.10, 1982. 88p.
- RAND, G. M.; PETROCELLI, S. R. *Fundamentals of aquatic toxicology*. Hemisphere Publishing Corporation, 1985. 666p.
- RIOS, L.; CALIJURI, M. C. A Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Feijão: uma proposta de ordenação das sub-bacias através de variáveis limnológicas. *Acta Limnológica Brasiliensia*, v.7, p.151-161, 1995.
- SASSON-BRICKSON, G.; BURTON JR, G. A. In situ and laboratory sediment toxicity testing with *Ceriodaphnia dubia*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v.10, p.201-207, 1991.
- SMIRNOV, N. N. Crustacea: Chydoridae. *Jerusalém, Israel Program for Scientific Translations* (Fauna of the U.S.S.R.: New Series, n.101), v.1, n.2, p.644, 1974.
- SOUTHWOOD, T. R. E. *Ecological methods with particular reference to the study of insecta populations*. London: Methuen, 1968. p.322
- STEMMER, B. L.; BURTON JR, G. A.; SASSON-BRICKSON, G. Effect of sediment spatial variance and collection method on cladoceran toxicity and indigenous microbial activity determinations. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v.9, p:1035-1044, 1990.
- UTZ, L. R. *Avaliação da toxicidade aguda e crônica de acetato e cloreto de potássio para Daphnia similis e Ceriodaphnia dubia (Crustacea, Cladocera) com fins a sua utilização em fluidos de perfuração de poços de petróleo e determinação da faixa de sensibilidade de cloreto de sódio para Daphnia similis Claus, 1876*. Porto Alegre, 1994. Dissertação de Bacharelado - Departamento de Zoologia/UFRGS. p.98.
- VEVEY E.; BITTON, G.; ROSSEL, D.; RAMOS, L. D.; MUNGUÍA GUERRERO, L.; TARRADELLAS, J. Concentration and bioavailability of heavy metals in sediments in lake Yojoa (Honduras). *Bull. Environ. Contam. and Toxicology*, p.253-259, 1993.
- WETZEL, R. G. *Limnology*. 2.ed. Saunders College Publishing, 1983. p.767.

- WINNER, J. M. Zooplankton. In WHITTON, R.A. (Ed.) *River ecology*. England: Blackwell Scientific Publications, 1975. Cap.7, p.155-169.
- ZAMBONI, A. J. *Avaliação da qualidade de água e sedimentos do canal de São Sebastião através de testes de toxicidade com Lytechinus variegatus (Echinodermata: Echinoidea)*. São Paulo, 1993. Dissertação de Mestrado - Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade Federal de São Paulo. 101p.

ANEXOS

Tabela 1

Resultados dos testes de toxicidade aguda com amostras de água superficial da Microrregião Carbonífera do Baixo Jacuí para *Daphnia similis*. Legenda: A = sem ajuste de pH; B = com ajuste de pH; T = Tóxico; IT = Indícios de toxicidade; NT = Não Tóxico; — = não analisado.

Estação de coleta	Condição da amostra	Teste de toxicidade aguda n*:			
		1	2	3	4
1	A	NT	NT	NT	NT
	B	-	-	-	-
2	A	NT	T	T	T
	B	-	NT	IT	NT
3	A	NT	NT	NT	NT
	B	-	-	-	-
4	A	T	T	T	T
	B	NT	NT	NT	NT
5	A	NT	NT	IT	IT
	B	-	-	-	-
6	A	T	T	-	-
	B	NT	NT	-	-
7	A	T	IT	T	T
	B	T	-	-	NT
8	A	NT	NT	NT	NT
	B	-	-	-	-
9	A	IT	IT	IT	IT
	B	-	-	-	-
10	A	NT	NT	IT	NT
	B	-	-	-	-

Tabela 2

Resultado do Teste de Bonferroni mostrando a comparação dos resultados de reprodução obtidos para cada estação em relação ao obtido para o controle com amostras de água superficial da Microrregião Carbonífera do Baixo Jacuí (Teste n° 4).

Identificação	Média	T calc.
Controle	20,5	
E1	7,1	4,58*
E2	5,9	4,98*
E3	1,9	6,35*
E5	10,4	3,45*
E7	2,9	6,01*
E8	10,3	3,38*
E9	11,5	3,07*
E10	5,0	5,29*

Valor de T tabulado = 2,56

Obs: os organismos expostos à amostra da estação 4 não geraram filhotes.

* Indica diferença significativa

Tabela 3

Resultado do Teste de Bonferroni mostrando a comparação dos resultados de reprodução obtidos para cada estação em relação ao obtido para o controle com amostras de sedimento da Microrregião Carbonífera do Baixo Jacuí (Teste único).

Identificação	Média	T calc.
Controle	15,9	
E1	19,6	-1,48
E2	7,1	3,61*
E3	10,8	2,05
E5	21,7	-2,37
E6	28,2	-5,19
E7	12,9	1,27
E8	24,4	-3,59
E9	19,9	-1,64
E10	13,8	0,87

Valor de T tabulado = 2,60

Obs: os organismos expostos à amostra da estação 4 morreram antes do segundo dia de teste, não gerando filhotes.

* Indica diferença significativa

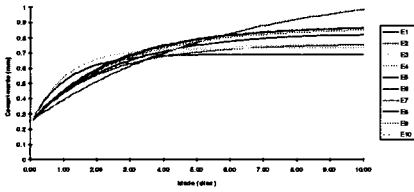
Tabela 4

DISTRIBUIÇÃO HORIZONTAL DA COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA AMOSTRADA EM OUTUBRO DE 1994 NAS 10 ESTAÇÕES DE COLETA SITUADAS NA REGIÃO DE ESTUDO.

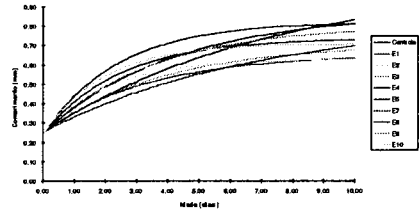
Taxa	Estações de Coleta									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Rotifera</i>	X					X	X	X	X	X
<i>Bosminaopsis sp.</i>		X			X	X				
Chydoridae	X	X	X		X	X	X		X	X
<i>Daphnia sp.</i>					X			X		
<i>Ceriodaphnia sp.</i>					X					
<i>Macrothrix sp.</i>					X	X	X	X	X	X
<i>Ilyocystus spinifer</i>					X		X		X	X
<i>Simcephalus senkulatus</i>					X				X	X
Calanoida					X					
Harpacticoida		X	X		X					
Cyclopoida	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Acarina		X			X	X			X	X
Oligochaeta		X								
Nematoda						X				
Larvas de insecta	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Náuplios		X			X	X				

Águas superficiais

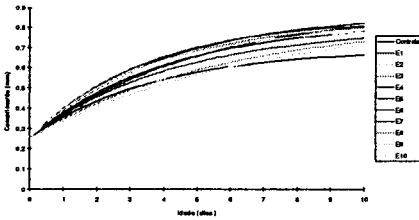
Teste 1



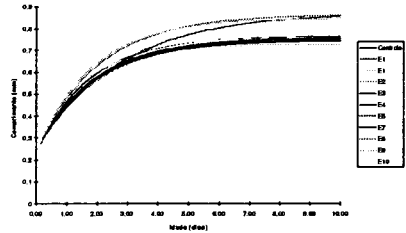
Teste 4



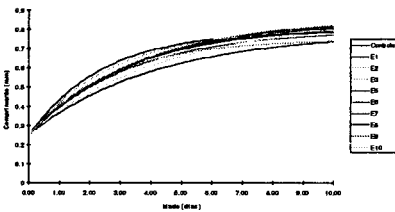
Teste 2



Teste 5



Teste 3



Teste Único

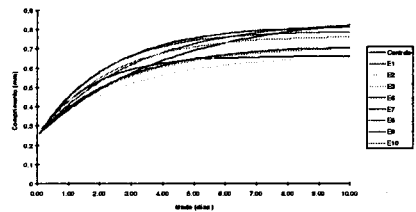
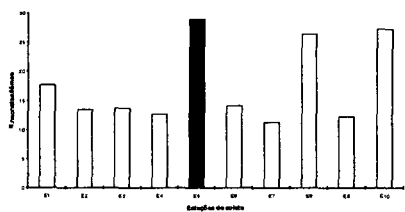


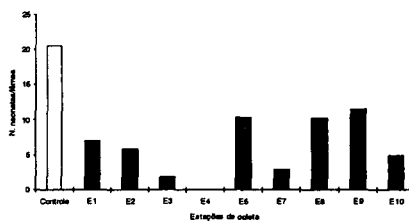
Figura 1. Crescimento individual de *Ceriodaphnia dubia* nas águas superficiais e sedimentos da Microrregião Carbonífera do Baixo Jacuí.

Águas superficiais

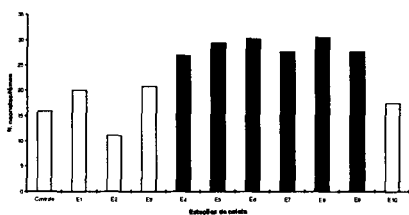
Teste 1



Teste 4

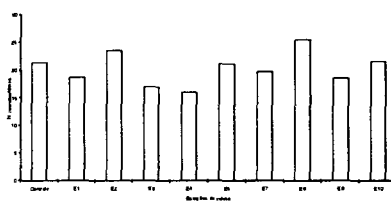


Teste 2

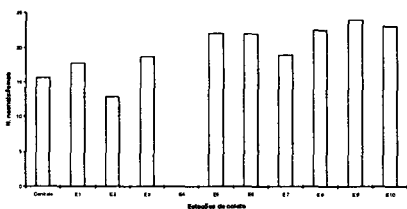


Teste 5

Sedimentos



Teste 3



Teste Único

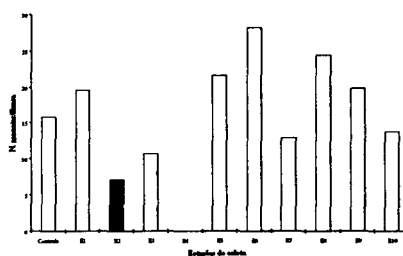


Figura 2. Reprodução (nº de neonatas/fêmea) de *Ceriodaphnia dubia* nas águas superficiais e sedimentos da Microrregião Carbonífera do Baixo Jacuí.

Águas superficiais

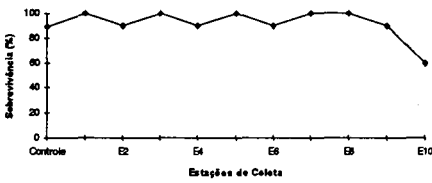
Teste 1



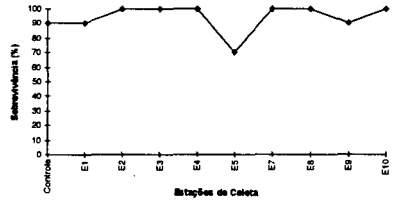
Teste 4



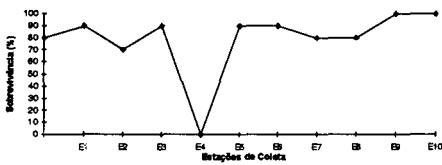
Teste 2



Teste 5



Teste 3



Teste Único

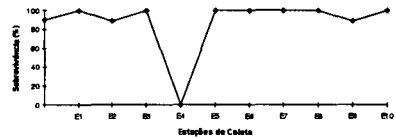


Figura 3. Sobrevivência (% de sobreviventes) de *Ceriodaphnia dubia* nas águas superficiais e sedimentos da Microrregião Carbonífera do Baixo Jacuí.

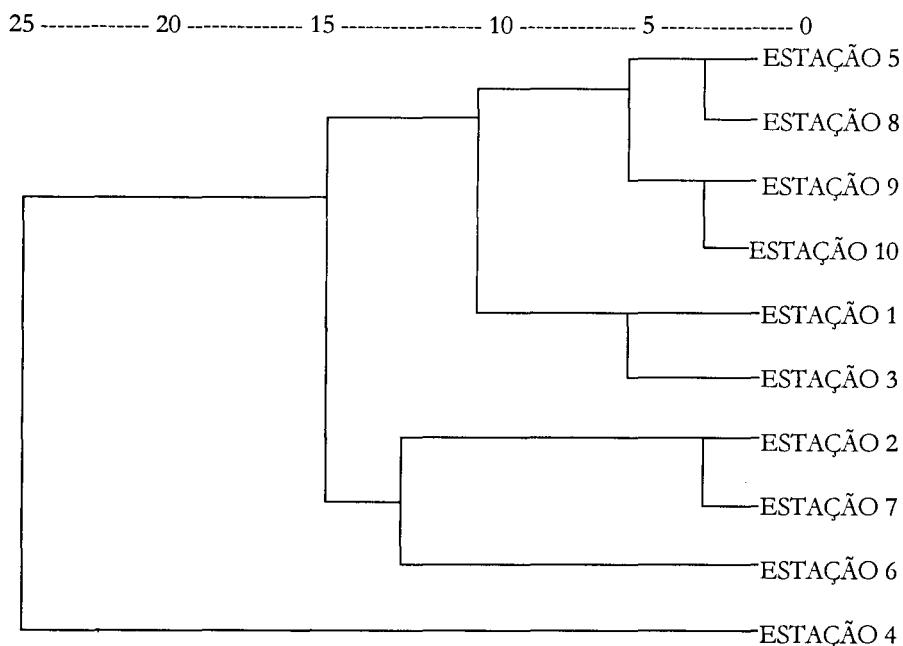


Figura 4. Sobrevivência (% de sobreviventes) de *Ceriodaphnia dubia* nas águas superficiais e sedimentos da Microrregião Carbonífera do Baixo Jacuí.

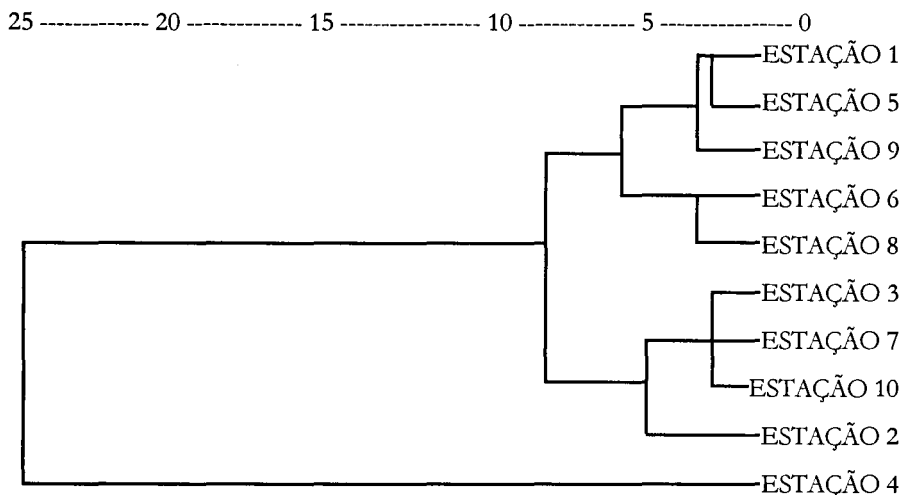


Figura 5. Dendrograma da similaridade das respostas obtidas no teste de toxicidade com sedimentos entre as estações de coleta da Microrregião Carbonífera do Baixo Jacuí.

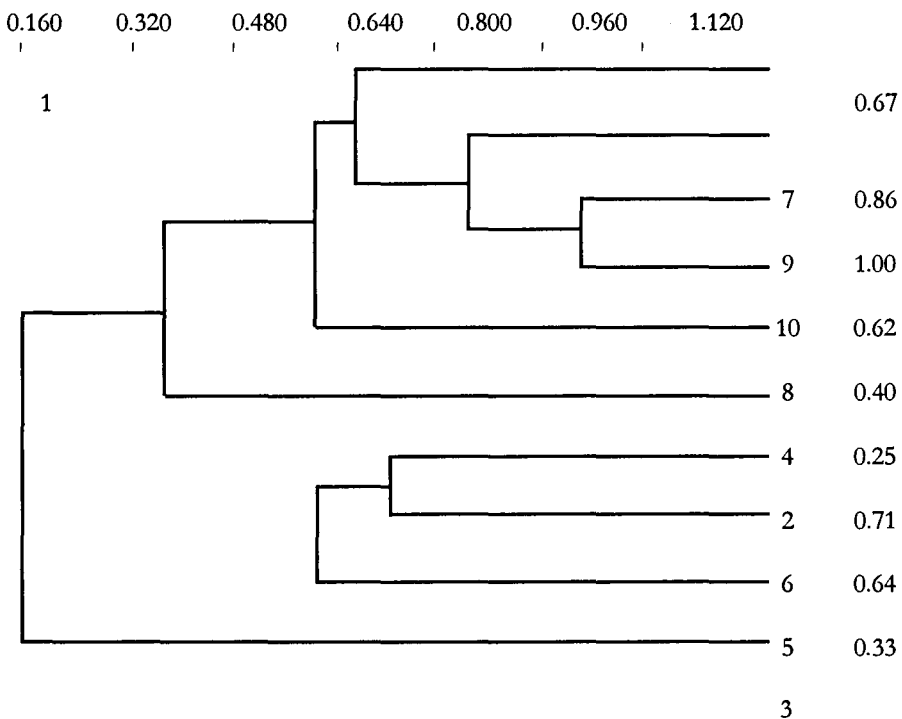
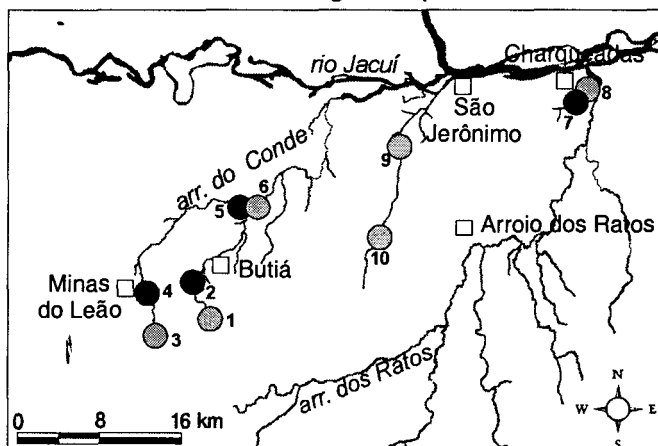


Figura 6. Dendrograma da similaridade das respostas obtidas no teste de toxicidade com sedimentos entre as estações de coleta da Microrregião Carbonífera do Baixo Jacuí.

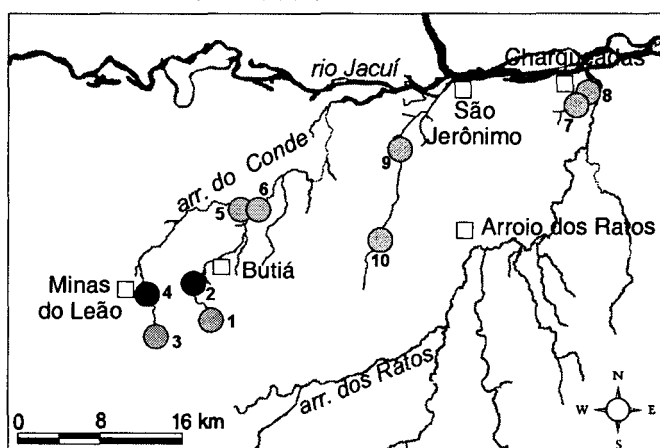
Toxicidade de águas superficiais



- Toxicidade aguda e/ou crônica dos sedimentos da Microrregião Carbonífera do Baixo Jacuí.

Obs: as linhas representam as drenagens, os círculos cinza e pretos correspondem, respectivamente, às estações de coleta cujos sedimentos não causaram ou causaram toxicidade para *Ceriodaphnia dubia*.

Toxicidade dos sedimentos



- Toxicidade aguda e/ou crônica dos sedimentos da Microrregião Carbonífera do Baixo Jacuí.

Obs: as linhas representam as drenagens, os círculos cinza e pretos correspondem, respectivamente, às estações de coleta cujos sedimentos não causaram ou causaram toxicidade para *Ceriodaphnia dubia*.

Anexo 1

Coefficientes de correlação de Pearson (r) significativos entre as variáveis-resposta (toxicidade aguda para *Daphnia similis*, crescimento, reprodução e sobrevivência de *Ceriodaphnia dubia*) e variáveis físicas e químicas, das amostras de água superficial provenientes da sub-bacia do Arroio do Conde (estações 1 a 6) ao longo das 5 campanhas a campo.

Variáveis	Variáveis resposta			
	Tox. ag.	Cresc.	Fecund.	Sobrev.
Físicas e químicas				
Al	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Alcalinidade	-0,7479	n.s.	n.s.	n.s.
Amônia	0,4766	-0,7074	n.s.	-0,7563
As	n.s.	n.s.	0,4780	n.s.
Bact. totais	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Ca	0,4633	n.s.	n.s.	n.s.
Cd	n.s.	n.s.	0,4531	n.s.
Cloretos	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Condutividade	0,4743	-0,6403	n.s.	-0,7183
Cr	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Cu	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
DBO5	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
DQO	-0,7172	n.s.	n.s.	n.s.
Dureza	n.s.	-0,5839	n.s.	-0,6706
Fe	0,4308	-0,5454	-0,5602	-0,5515
Fenóis	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Fosfato	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Hg	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
K	0,5663	n.s.	n.s.	n.s.
Mg	0,6522	n.s.	n.s.	n.s.
Mn	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
N total	n.s.	n.s.	0,5212	n.s.
Na	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Ni	n.s.	-0,4469	-0,5402	-0,4213
Nitrato	n.s.	-0,6188	n.s.	-0,5635
Nitrito	n.s.	-0,7134	n.s.	-0,7777
Oxigênio	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
P total	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Pb	-0,4143	n.s.	n.s.	n.s.
pH	-0,8455	0,4859	n.s.	0,5625
Sólidos dissol.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Se	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Sólidos sedim.	0,4902	n.s.	n.s.	n.s.
Sólidos susp.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Sulfato	n.s.	-0,7257	n.s.	-0,8026
Temperatura	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Transparência	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Turbidez	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Zn	0,7539	n.s.	n.s.	n.s.

Significância Estatística ($p < 0,05$)

n.s. = correlações não significativas

Anexo 1 (continuação)

Coefficientes de correlação de Spearman significativos entre as variáveis-resposta (toxicidade aguda para *Daphnia similis*, crescimento, reprodução e sobrevivência de *Ceriodaphnia dubia*) e variáveis físicas e químicas, das amostras de água superficial provenientes da sub-bacia do Arroio dos Ratos (estações 7 e 8) ao longo das 5 campanhas a campo.

Variáveis físicas e químicas	Variáveis resposta			
	Tox. ag	Cresc.	Fecund.	Sobrev.
Al	n.s.	n.s.	n.s.	0,7059
Alcalinidade	-0,8852	0,8283	0,5706	n.s.
Amônia	n.s.	n.s.	-0,7075	n.s.
As	n.s.	n.s.	0,7523	0,7344
Bact. totais	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
@Ca	0,8502	-0,9207	n.s.	n.s.
Cd	n.s.	0,6342	0,7561	0,7322
Cloretos	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Condutividade	0,7984	n.s.	n.s.	n.s.
Cr	n.s.	n.s.	0,7152	0,7872
Cu	n.s.	n.s.	-0,6994	-0,7699
DBO5	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
DQO	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Dureza	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Fe	n.s.	n.s.	-0,7660	-0,7299
Fenóis	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Fosfato	n.s.	0,9000	1,0000	n.s.
Hg	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
K	n.s.	n.s.	0,6464	n.s.
Mg	n.s.	n.s.	-0,7538	-0,7957
Mn	n.s.	n.s.	-0,7447	-0,8256
N total	n.s.	n.s.	0,8286	n.s.
Na	n.s.	n.s.	-0,6896	-0,6708
Ni	n.s.	n.s.	-0,6378	-0,7914
Nitrato	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Nitrito	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Oxigênio	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
P total	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Pb	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
pH	-0,8452	n.s.	n.s.	n.s.
Sólidos dissol.	n.s.	0,8857	n.s.	n.s.
Se	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Sólidos sedim.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Sólidos susp.	n.s.	0,7714	n.s.	n.s.
Sulfato	n.s.	-0,8333	n.s.	n.s.
Temperatura	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Transparência	0,8739	-0,8117	n.s.	n.s.
Turbidez	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Zn	n.s.	-0,6278	n.s.	n.s.

Significância Estatística ($p < 0,05$)

n.s. = correlações não significativas

Anexo 1 (continuação)

Coefficientes de correlação de Spearman significativos entre as variáveis-resposta (toxicidade aguda para *Daphnia similis*, crescimento, reprodução e sobrevivência de *Ceriodaphnia dubia*) e variáveis físicas e químicas, das amostras de água superficial provenientes da sub-bacia do Arroio da Porteira (estações 9 e 10) ao longo das 5 campanhas a campo.

Variáveis	Variáveis resposta			
	Tox. ag.	Cresc.	Fecund.	Sobrev.
físicas e químicas				
Al	n.s.	0,7095	n.s.	n.s.
Alcalinidade	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Amônia	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
As	n.s.	0,8051	n.s.	n.s.
Bact. totais	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Ca	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Cd	n.s.	0,7134	n.s.	n.s.
Cloretos	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Condutividade	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Cr	n.s.	0,7191	n.s.	n.s.
Cu	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
DBO5	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
DQO	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Dureza	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Fe	n.s.	0,7052	n.s.	n.s.
Fenóis	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Fosfato	n.s.	n.s.	0,9276	n.s.
Hg	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
K	n.s.	0,7642	n.s.	n.s.
Mg	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Mn	n.s.	-0,7056	n.s.	n.s.
N total	n.s.	n.s.	0,8197	n.s.
Na	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Ni	n.s.	-0,7842	n.s.	n.s.
Nitrato	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Nitrito	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Oxigênio	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
P total	n.s.	n.s.	1,0000	n.s.
Pb	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
pH	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Sólidos dissol.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Se	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Sólidos sedim.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Sólidos susp.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Sulfato	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Temperatura	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Transparência	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Turbidez	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Zn	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Significância Estatística ($p < 0,05$)

n.s. = correlações não significativas

Anexo 2

Coefficientes de correlação de Spearman significativos entre as variáveis-resposta (crescimento, reprodução e sobrevivência de *Ceriodaphnia dubia*) e as variáveis físicas e químicas analisadas nas amostras de sedimento provenientes da sub-bacia do Arroio do Conde (estações 1 a 6).

Variáveis	Variáveis resposta		
	Cresc.	Fecund.	Sobrev.
físicas e químicas			
pH	n. s.	n. s.	n. s.
Condutividade	n. s.	n. s.	n. s.
Ca	n. s.	n. s.	n. s.
Mg	n. s.	n. s.	n. s.
Na	n. s.	n. s.	n. s.
K	n. s.	n. s.	n. s.
Fe	n. s.	n. s.	n. s.
Mn	n. s.	n. s.	n. s.
Al	n. s.	n. s.	n. s.
Cu	n. s.	n. s.	n. s.
Cr	n. s.	n. s.	n. s.
As	n. s.	n. s.	n. s.
Se	n. s.	n. s.	n. s.
Hg	n. s.	n. s.	n. s.
Ni	n. s.	n. s.	n. s.
Pb	n. s.	n. s.	n. s.
Cd	n. s.	n. s.	n. s.
Zn	n. s.	n. s.	n. s.
Matéria orgânica (%)	n. s.	n. s.	n. s.
Grânulo (2,000 - 4,000 mm)	n. s.	n. s.	
Areia muito grossa (1,000 - 2,000 mm)	n. s.	n. s.	n. s.
Areia grossa (0,500 - 1,000 mm)	n. s.	n. s.	n. s.
Areia média (0,250 - 0,500 mm)	n. s.	n. s.	n. s.
Areia fina (0,125 - 0,250 mm)	n. s.	n. s.	n. s.
Areia muito fina (0,062 - 0,125 mm)	n. s.	n. s.	n. s.
Silte (0,004 - 0,062 mm)	-0,8452	-0,8452	-1,0000
Argila (<0,004 mm)	n. s.	n. s.	n. s.

Significância Estatística ($p < 0,05$)

n. s. = correlação não significativa