



ESTUDOS DE TOXICIDADE DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URUSSANGA, UTILIZANDO - SE ORGANISMOS BIOINDICADORES *ARTEMIA SP.* E *DAPHNIA MAGNA*, ANTES E APÓS A REMEDIAÇÃO COM REJEITO DE MINERAÇÃO DE CARVÃO.

A. Blos Borges

R. Geremias

Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC. alexandreborges@hotmail.

INTRODUÇÃO

A Região Sul de Santa Catarina é conhecida como Bacia Carbonífera, estando situada dentro das bacias hidrográficas do Rio Araranguá, Urussanga e Tubarão, ocupando uma área de 1050 km², com atividade de mineração e beneficiamento de carvão mineral nos municípios de Criciúma, Içara, Urussanga, Siderópolis, Lauro Müller, Orleans e Alfredo Wagner. Esta região sofre os impactos ambientais causados pela exploração do carvão mineral, a qual teve início em 1970 e permanecendo até os dias atuais. Segundo o relatório do Departamento Nacional da Produção Mineral toda essa região foi categorizada como a 14^a área crítica nacional para o efeito de controle de poluição da qualidade ambiental (Casseiro, 2004; DNPM, 1987).

A exploração do carvão trouxe considerável desenvolvimento sócio - econômico na região, como fonte de energia e a geração de muitos empregos. Porém, em contrapartida, o meio ambiente sofreu profundos impactos que comprometeram a qualidade de vida na região em virtude da geração de contaminantes ambientais, tais como, drenagem ácida e rejeitos da mineração (Casseiro, 2004; Yim, Kim, Kim, 2006).

Tem - se proposto que estes contaminantes gerados na atividade carbonífera se caracterizam pela elevada acidez (pH <3) e pela expressiva concentração de metais como ferro, manganês, alumínio, níquel, cobre magnésio, zinco, selênio, cálcio e sódio, além de óxidos, oxianions, hidrossulfatos de metais, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, entre outros (Menezes, 2003; Pavei, 2004).

No solo, os impactos são manifestados pela remoção do solo orgânico, na deposição de rejeitos, na ação erosiva, no impacto visual e na destruição da flora e fauna local. Além disso, outro fator de impacto ambiental relacionado com a mineração do carvão, é certamente, a poluição dos mananciais hídricos das regiões próximas às jazidas onde o mineral é explorado (Bitar, 1997).

Um corpo hídrico bastante afetado, mas pouco estudado, é a

Bacia Hidrográfica do Rio Urussanga e seu estuário. Os sedimentos oriundos da mineração de carvão sofrem processo de erosão e transporte sendo capazes de atingir os mananciais hídricos das suas sub - bacias, vindo a se depositar no decorrer das mesmas. Por meio dos mecanismos de difusão dos poluentes, uma parte desses sedimentos pode ser transportada até o estuário do rio Urussanga, onde também sofrem processo de deposição, com conseqüente comprometimento do ambiente aquático. Salienta - se que o ambiente estuarino é de extrema importância para troca de nutrientes entre o meio terrestre e marinho, além de servir como local de procriação e desova para várias espécies de peixes, aves, crustáceos, quelônios, etc. Além dos rejeitos de mineração, as drenagens ácidas geradas naquela região também podem atingir os mananciais hídricos da bacia, afetando a qualidade do solo e das águas (Lattuada, 2005).

Desta forma, faz - se necessária a remediação das águas da bacia para melhoramento de sua qualidade, como também, dar - se um destino aos rejeitos de mineração, uma vez que os mesmos são depositados inadequadamente no meio ambiente sem serem aproveitados.

Trabalho na literatura tem sugerido o uso de óxidos de metais obtidos pela calcinação do rejeito de mineração como um material alternativo de remediação da drenagem ácida e de águas atingidas por efluentes da atividade carbonífera. Tem - se proposto que estes óxidos seriam capazes de elevar o pH e remover metais em solução (Geremias *et al.*, , 2008). Desta forma, poderia - se utilizar este material para a remediação das águas da bacia em estudo.

Além da remediação das águas da bacia é importante o uso de ensaios de toxicidade para uma melhor avaliação dos danos gerados pela mineração aos mananciais hídricos, bem como, da eficácia do tratamento das águas utilizando o rejeito da mineração.

Para esta avaliação tem - se indicado ensaios de toxicidade aguda usando organismos bioindicadores como microcrustáceos *Artemia sp* e *Daphnia magna*, por ser ensaios simples, de baixo custo e de curta duração. Toxicidade

aguda é aquela em que os efeitos tóxicos são produzidos por uma única ou por múltiplas exposições a uma substância, por qualquer via e por um curto período de tempo, sendo que as manifestações ocorrem em um breve período. Estes testes têm sido muito eficazes para a realização de estudos de ecotoxicidade (Goes, 1998).

Portanto, o presente trabalho se propôs a realizar estudos de toxicidade nas águas da Bacia Hidrográfica do Rio Urussanga, utilizando - se organismos bioindicadores, bem como, avaliar a eficácia da remediação das mesmas com o rejeito de mineração de carvão.

OBJETIVOS

Avaliar a toxicidade aguda em águas de diferentes pontos da Bacia hidrográfica do Rio Urussanga, utilizando - se testes de toxicidade aguda em *Artemia* sp e *Daphnia magna*;

Avaliar a eficácia da remediação das águas da Bacia, utilizando - se óxidos de metais obtidos pela calcinação de rejeitos de mineração de carvão;

Propôr o uso destes óxidos como material alternativo de remediação de águas atingidas pela mineração de carvão;

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta de águas da Rede Hidrográfica do Rio Urussanga: Amostras de águas foram coletadas no decorrer da bacia hidrográfica em 3 diferentes pontos, a saber: Ponto 1) Rio Urussanga - Ponto inicial da bacia hidrográfica situado no município de Urussanga; Ponto 2) Rio Urussanga - Ponto intermediário da bacia hidrográfica situado na localidade de esplanada no município de Urussanga e Ponto 3) Estuário do Rio Urussanga-Ponto final da bacia localizado na comunidade de Torneiro no município de Jaguaruna. As amostras foram coletadas e acondicionadas sob condições adequadas para posteriores ensaios de toxicidade sobre os organismos bioindicadores e remediação.

Coleta e calcinação do rejeito: Rejeitos de mineração de carvão foram coletados em empresa mineradora na região carbonífera de Criciúma/SC, resguardando - se em sigilo o nome da mineradora. Os rejeitos foram calcinados em mufla a 800°C por 1 hora e posteriormente armazenados até os ensaios.

Remediação das águas: para a remediação foi utilizada amostras de águas do Ponto 1, uma vez que apresentou maior toxicidade nos ensaios prévios com os organismos bioindicadores. Para tanto, 50mL de amostra de água do Ponto 01 foi tratada com 2g de rejeito calcinado em sistema de batelada, sob agitação, por 48 horas e à temperatura ambiente. Ao final da remediação, a amostra de água foi filtrada e armazenada sobre refrigeração.

Toxicidade aguda em *Artemia* sp: microcrustáceos *Artemia* sp (n=10, em 5 repetições) foram expostos por 24 horas a 2mL amostra de água em diferentes diluições, em placas multipoços, a 25°C e ao abrigo da luz. Ao final da exposição, foi determinado a concentração letal média (CL50), definida como a concentração na qual ocorre a mortalidade em 50% dos organismos bioindicadores (Svensson *et al.*, 2005). Para esta determinação foi empregado o método

matemático Trimmed Spearman - Karber, utilizando - se programa Probitos.

Toxicidade aguda em *Daphnia magna*: Os ensaios de toxicidade sobre *Daphnia magna* foram realizados segundo a norma ABNT-NBR 12713/2002, onde microcrustáceos neonatos (n=10, em 3 repetições) foram expostos a diluições seriadas da amostra de águas. Os resultados foram expressos em Fator de Toxicidade (FT), o qual representa a primeira de uma série de diluições de uma amostra na qual não mais se observa efeitos tóxicos agudos aos organismos - teste.

RESULTADOS

Os resultados obtidos nos ensaios de toxicidade aguda sobre *Artemia* sp permitem demonstrar que as águas do Ponto 1 apresentou alta toxicidade com um valor de CL50 = 2,34%, sendo que nos demais pontos da Bacia não houve mortalidade para este organismo. Em trabalho efetuado na região carbonífera de Criciúma/SC, também foi constatada expressiva mortalidade em *Artemia* sp expostas às águas de drenagem de mina de subsolo (CL50 = 3,1%), a efluente de infiltração de bacias de decantação (CL50 = 6,7%), bem como, às águas de rio atingidas pelos efluentes de mineração de carvão (CL50 = 2,5%), sendo sugerido que a toxicidade seria decorrente da acidez e da presença de íons de metais como Fe, Mn, Zn, Cu e Pb nas amostras (Geremias *et al.*, 2003). Portanto, a toxicidade observada em nossos estudos poderia estar associada à elevada acidez e expressiva concentrações de metais nas águas em decorrência do contato com efluentes oriundos da atividade carbonífera. Após o tratamento das águas do Ponto 1 utilizando óxidos de metais obtidos na calcinação do rejeito de mineração, foi constatado que não houve mortalidade nos microcrustáceos, indicando que o tratamento se mostrou eficaz na remoção da toxicidade das águas sobre *Artemia* sp. Tem - se proposto que estes óxidos seriam capazes de atuar como adsorvente de H³O⁺, provocando a elevação do pH, com conseqüente precipitação e remoção de metais, além de adsorverem metais por atração eletrostática e forças dipolo, em decorrência da presença de cargas superficiais (Doye, Duchesne, 2003; Pascoal, 2000). Nos ensaios de toxicidade em *Daphnia magna*, observou - se que o Ponto 1 se mostrou mais tóxico (FT=16), seguido do Ponto 2 (FT=4) e do Ponto 3 (FT=2). Diferente dos resultados obtidos nos ensaios com *Artemia* sp, após o tratamento do Ponto 1 utilizando o rejeito foi observado diminuição da toxicidade (FT=8) sobre *Daphnia magna*, mas não a sua completa remoção, sugerindo que este organismo se mostrou mais sensível ao teste. Sugere - se também que o tratamento não teria sido capaz de remover outros contaminantes que por ventura estariam presentes nas águas e que provocariam toxicidade em *Daphnia magna*. Estudos na literatura também têm demonstrado toxicidade aguda em *Daphnia magna* quando expostas às águas e seus sedimentos atingidas por efluentes de mineração de carvão, tendo sido sugerido que o efeito tóxico estaria relacionado à acidez (pH <4,0) e à elevada concentração de metais como o ferro e o manganês presentes nas amostras (Soucek *et al.*, 2000; Gerhardt *et al.*, 2005). Portanto, os resultados obtidos em nossos estudos permitem sugerir que a toxicidade

das águas sobre os organismos bioindicadores estariam associadas à sua contaminação pela atividade mineradora do carvão e que o remediação com o rejeito da mineração foi capaz de provocar a redução da toxicidade das águas.

CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, pode - se concluir que as águas da Bacia Hidrográfica do Rio Urussanga se mostraram tóxicas para os organismos bioindicadores *Artemia* sp e *Daphnia magna*, o que poderia estar associada à elevada acidez e expressiva concentrações de metais decorrentes da contaminação por poluentes gerados na mineração do carvão. Conclui - se também que a remediação das águas utilizando o rejeito calcinado foi capaz de diminuir a toxicidade, possivelmente em função da remoção de contaminantes presentes em solução.

REFERÊNCIAS

Bitar, O.Y. Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na região metropolitana de São Paulo. Tese de Doutorado em Engenharia Mineral, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997. 184 f.

Casemiro, E; Rosa, L; Castro Neto, L. J. O Passivo Ambiental da Região Carbonífera do Sul de Santa Catarina. In: Encontro Nac. de Eng. de Produção, 24, 2004, Florianópolis. Anais do XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção Florianópolis, SC, Brasil: Núcleo Editorial da Associação Brasileira de Engenharia de Produção ABEPRO (NEA), 2004. 7 p.

Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM). Perfil analítico do carvão. Boletim nº 6. Ministério as Minas e Energia. Porto Alegre, 1987.

Doye, I.; Duchesne, J. Neutralization of acid mine drainage with alkaline industrial residues: laboratory investigation using batch - leaching tests. Appl. Geochem. v. 18, p. 1197 - 1213, 2003.

Gerhardt, A.; DE Bisthoven, L.J.; Soares, A.M. Evidence for the Stepwise Stress Model: *Gambusia holbrooki* and

Daphnia magna under acid mine drainage and acidified reference water stress. Environ. Sci. Technol. v. 39, p. 4150 - 8, 2005.

Geremias, R.; Pedrosa, R.C.; Benassi, J.C.; Fávere, V.T.; Stolberg, J.; Menezes, C.T.B.; Laranjeira, M.C. Remediation of coal mining wastewaters using chitosan microspheres. Environ. Technol. v. 24, p. 1509 - 15, 2003.

Geremias, R.; Laus, R.; Macan, J.M; Pedrosa, R.C; Laranjeira, M.C.M; Silvano, J.; Favere, V.T Use of Coal Mining Waste for the Removal of Acidity and Metal Ions Al (III), Fe (III) And Mn (II) in Acid Mine Drainage. Environmental Technology, Vol. 29. pp 863 - 86, 2008.

Goes, R.C. Toxicologia industrial: um guia prático para prevenção e primeiros socorros. 250 p. ISBN 8573091339.

Lattuada, R.M, Pavei, P.T, Menezes, C.T.B, Piazza, F.C. Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos e toxicidade à *Daphnia magna* em efluentes de drenagem ácida de mina In: IV Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental, 2005, Ribeirão Preto-SP. Anais Disponível em CD - Rom.

Menezes, C.T.B. Tratamento de Efluentes ácidos de mina por neutralização e remoção de metais, Tese de Doutorado, Escola Politécnica de São Paulo, Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo, São Paulo, 2003. 123 f.

Pascoal, V.C.P. Bauxita refratárias: composição química, fases e propriedades. Parte I. Cerâmica. v. 46, p.76 - 82, 2000.

Pavei, P.T. Estudo de Toxicidade Proveniente de HPAs em Processo de Tratamento de Efluentes Ácidos. 2004.72 f. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental- Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, SC, 2004.

Soucek, D.J., Cherry, D.S., Trent, G.C. Relative acute toxicity of acid mine drainage water column and sediments to *Daphnia magna* in the Puckett's Creek Watershed, Virginia, USA. Arch. Environ. Contam. Toxicol. v. 38, p. 305 - 10, 2000.

Yim, J.H.; Kim, K.W.; Kim, S.D. Effect of hardness on acute toxicity of metal mixtures using *Daphnia magna*: Prediction of acid mine drainage toxicity. Journal of Hazardous Materials. v. 138, p.16-21, 2006.