

# Contaminação por Zinco em Águas Residuais de Mineração de Carvão

Luis Felipe Silva Oliveira\* e Jair Juarez João  
[felipeqma@yahoo.com.br](mailto:felipeqma@yahoo.com.br) [jairjj@unisul.br](mailto:jairjj@unisul.br)  
Universidade do Sul de Santa Catarina

## Introdução

A água que flui na superfície da terra (rios, lagos, etc.) e abaixo da superfície (groundwater) contém compostos químicos em quantidades muito pequenas. Muitos destes produtos químicos têm fontes naturais, alguns são antropogênicos outros são derivados de uma combinação de fontes naturais e antropogênicas.

Embora a pirita seja amplamente citada em diversos estudos de drenagens ácidas de minas, vários outros sulfetos como os de Zn (esfalerita, ZnS), são freqüentemente encontrados em rejeitos de mineração contribuindo na geração de ácido sulfúrico e gipsita durante sua oxidação.

## Metodologia

### Processos Geoquímicos

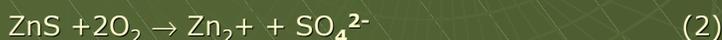
A liberação e o transporte de metais dependem das características geoquímicas dos minerais e dos sólidos (rochas e minérios) e da sua habilidade de gerar ou consumir ácido, logo antes de desenvolver os resultados obtidos é preciso fixar os processos de contaminação das águas visto que assim se terá uma referência para futuros trabalhos complementares.

A oxidação da pirita é a fonte principal da acidificação e da poluição da água de mina e/ou da rocha. Após a exposição ao oxigênio do ar a pirita e outros minerais como a esfalerita são oxidados conjuntamente por serem encontrados geralmente no mesmo minério. Logo, o íon férrico gerado na oxidação da pirita é capaz de dissolver muitos minerais, incluindo os de ligação de zinco pela equação geral (1):

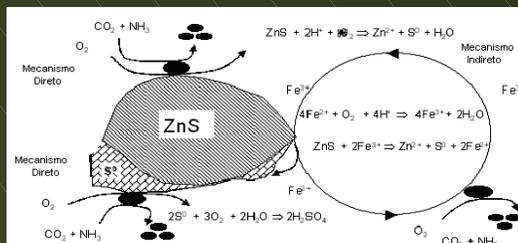


Onde: MS = sulfeto contínuo do metal pesado;  $Fe^{+3}$  = íon férrico aquoso;  $M^{n+}$  = íon aquoso do metal pesado; S = enxofre;  $Fe^{+2}$  = íon ferroso aquoso do ferro.

A esfalerita é base importante para o carregamento de minerais. Contudo, o zinco metálico é tóxico em diversas concentrações. Na adição mais significativa o Fe é substituído por Zn, em alguns casos em até 15 % na esfalerita, quando isso ocorre o ferro substituído originará um ácido similar ao gerado na pirrotita ( $Fe_{1-x}S$ ), devido a hidrólise da fase férrica. A oxidação da esfalerita é a principal fonte de zinco metálico na contaminação de áreas de minas, resultado de uma rica lixívia dissolvendo Zn e sulfato (equação 2):



Existem ainda sistemas de biomecanismo para a esfalerita sendo estes apresentados de forma resumida na figura, logo há dois meios dominantes nos mecanismos envolvidos. Na primeira o processo ocorre pela oxidação microbiana de íons férricos e a química do mineral é consultada com o mecanismo indireto, enquanto na segunda vista há catalise microbiana da dissolução total do mineral. Propondo-se assim, que os microorganismos interagem com o mineral diretamente, realçando a taxa da dissolução.



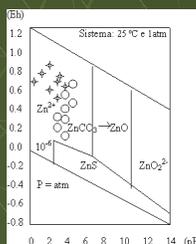
## Materiais e Métodos

Na zona de estudo foram amostrados 12 pontos de águas superficiais e analisadas em oito épocas distintas entre os anos de 2003 e 2005. Os metais contidos nas amostras com partículas ou matéria orgânica tiveram um tratamento prévio com ácido nítrico e placa quente, obtendo assim o Zn total combinados orgânico ou inorganicamente, tanto dissolvidos como em partículas, seguindo assim os parâmetros da legislação do CONAMA. Quanto à realização das análises de utilizou-se um espectro Varian modelo 220 FS.

## Resultados e Discussão

Na Tabela 1 encontra-se uma síntese dos resultados nos principais pontos analisados da Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão – SC, e com esta torna-se possível traçar o diagrama de EhXpH para as águas em estudo. Tabela1: Resultados sintetizados da área em estudo.

Parâmetro	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
pH	7,2	7,6	2,7	2,9	2,3	3,09	2,2	2,6	4,95	3,59	2,83	4,19
Turbidez NTU	3,7	2,9	37	19	61	16	59	19	12	14,8	9,4	13,6
Temp. Água(°C)	16,4	17,8	21,2	23,1	20,8	22,7	23	18,2	16	17,4	18,1	16,4
O.D. mg/l	9,5	9,4	7,7	7,1	8,3	6,8	7,8	5,2	9,1	6,3	6,9	7,9
Sulfato mg/l	3,6	2,7	997	876	1727	503	1986	237	46	148	224	103
Ferro mg/l	0,11	0,13	332	28,5	587	298	498	45	1,3	5,59	16,3	4,12
Zinco mg/l	0,02	0,03	1,26	3,29	11,3	3,87	1,07	0,58	0,05	0,19	0,27	0,13



Na esquematização do sistema Zn-O-H-S-C para as águas em estudo, nota-se que em certas condições de redução a esfalerita (ZnO) ocupa a maior parte do diagrama Eh-pH, se dissolvendo em pH 2,6 e assumindo uma capacidade de dissolução de Zn de  $10^{-6}$ .

Com isso torna-se possível visualizar que a mobilidade do zinco aumenta notavelmente ao descer o pH, podendo ser incorporado e lixiviado até águas subterrâneas, especialmente em áreas de mina. Para exemplificar nos diagramas de Eh-pH usou-se para áreas de Minas e para Rios com águas sulfurosas já diluídas e/ou não com outras sem contaminação mineira.

## Conclusão

A área de mineração de carvão acaba degradando a Bacia Hidrográfica liberando o transporte de Zn,  $SO_4^{2-}$ ,  $H^+$ , devido às características geoquímicas dos minerais que reflete na qualidade dos solos, reservatórios de água e saúde humana.