

## ÁGUA, O RECURSO MAIS VALIOSO DESTES MILÊNIO

O crescimento populacional e industrial tem provocado um aumento cada vez maior da demanda por recursos hídricos. A água doce, incluindo-se nesta denominação água superficial e subterrânea, vem sendo considerada por alguns especialistas como o recurso natural mais valioso deste milênio. Na Conferência Internacional de Água e Meio Ambiente, realizada em Dublin, Irlanda, em janeiro de 1992, já se alertava sobre a escassez e o mau uso da água como fatores de grande e crescente risco ao desenvolvimento sustentável e à proteção do meio ambiente.

No documento final resultante deste evento, a "Declaração de Dublin", concluiu-se que os problemas atuais relacionados à gestão de recursos hídricos são desafiantes e exigem ação imediata. Dentre os diversos pontos abordados nesta declaração, destaca-se aquele em que se discute a reutilização e a conservação da água. Na área industrial, em especial, estima-se que a reciclagem de água poderia reduzir em 50% ou mais o consumo das indústrias e proporcionar o benefício adicional de redução da poluição. Para isso, foi ressaltada ainda no documento a necessidade de capacitação técnica dos setores de avaliação e gestão dos recursos hídricos.

Em vista da importância da água e os problemas associados à sua escassez, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos criou, em 17 de julho de 2000 (Lei nº 9.984), a Agência Nacional de Águas (ANA), uma autarquia sob regime especial, com autonomia administrativa e financeira, vinculada ao Ministério de Meio Ambiente e parte integrante do Sistema Nacional de Gerência de Recursos Hídricos.

Concebida para implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos e atuar como agente regulador desses recursos, a criação da ANA demonstra a preocupação do governo brasileiro com a gravidade do problema e sua convicção em atuar de forma incisiva na busca de soluções. Na área de mineração, ela reforça a necessidade da indústria minero-metalúrgica em se antecipar às novas exigências da legislação, que não tardarão a surgir.

A água desempenha papel fundamental em todas as fases no processamento mineral: desde os processos de lavra, durante o desmonte hidráulico e a dissolução de sais; em praticamente todas as etapas do beneficiamento e da hidrometalurgia; assim como no transporte de minérios através dos minerodutos e rejeitos para bacias de decantação.

Neste contexto, o CETEM, dentro de sua Programação Trienal (2000-2002), criou o Projeto Especial *Recursos Hídricos na Mineração*, com o objetivo de contribuir para o controle da qualidade da água na lavra e no processamento mineral, bem como avaliar potenciais processos de tratamento destas águas. O grupo de pesquisa envolvido neste tema

é liderado pelo engenheiro de minas Adão Benvindo da Luz, chefe da Coordenação de Tratamento de Minérios do CETEM, e conta com a participação da engenheira metalúrgica Ana Paula Almeida de Oliveira.

Segundo Adão Benvindo da Luz, para alcançar esses objetivos, o projeto buscará estudar o efeito que as novas regulamentações e restrições terão sobre a utilização da água na mineração, avaliar o impacto atual do processo minero-metalúrgico na água subterrânea; otimizar o balanço de massa de água presente na lavra e no processamento mineral; verificar a qualidade da água para o processamento mineral, identificando espécies prejudiciais aos processos e desenvolver tecnologias e estratégias de controle.

O sucesso do programa está diretamente relacionado às parcerias que deverão ser estabelecidas entre algumas indústrias minero-metalúrgicas e o CETEM, a partir do entendimento do papel deste centro de pesquisa como auxiliador na solução de problemas associados à água consumida e descartada nas operações de lavra e processamento mineral.

Durante sua visita ao CETEM, em novembro de 2000, Dr. Robert Bruce Tippin, diretor do Minerals Research Laboratory, da North Carolina State University (EUA), relatou que iniciativa semelhante à do CETEM estava sendo implementada em seus laboratórios, a partir de convênios com indústrias localizadas na Carolina do Norte, ressaltando ser este um campo de investigações que os centros de pesquisa em tecnologia mineral não podem se abster de participar.

VITORVANI SOARES



## EDITORIAL

O que o Século XXI nos reserva com respeito ao setor mineral? Exercício dessa natureza é, a um tempo, mais desafiante, quanto mais curto o prazo. Em longo prazo é mais fácil, até porque provavelmente não teremos que dar explicações dos erros (vide Nostradamus). Vemos como irreversível a crescente consciência com a preservação ambiental. Estabilizada a população do planeta em 10 bilhões de pessoas, por volta de 2050, e até lá, quando as novas necessidades de material e energia serão demandadas principalmente pela nações pobres, a humanidade não suportará as condições de vida, mantidos os padrões atuais de uso dos materiais. Por exemplo, as economias avançadas mobilizam atualmente cerca de 70t de recursos naturais por ano por pessoa. Os novos paradigmas de utilização de materiais e energia terão de maximizar extraordinariamente a reciclagem, a remanufatura ou reutilização, o design, e o repensar das necessidades humanas de bens e serviços. Nos últimos 100 anos, o preço das commodities minerais declinou. A tecnologia e a contínua redução de custos permitiram que a indústria mineral continuasse sendo lucrativa. Tal tendência deve continuar nas próximas décadas, passo a passo com a diminuição do consumo per capita de materiais e energia. O CETEM, na questão tecnológica e ambiental, terá uma grande contribuição a oferecer.

**Fernando A. Freitas Lins**

### EXPEDIENTE

ESTE É UM INFORMATIVO TRIMESTRAL DO CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL (CETEM), CENTRO DE PESQUISAS VINCULADO AO MCT. **DIRETOR** FERNANDO FREITAS LINS **COORD. DE PROJETOS ESPECIAIS** JULIANO PERES BARBOSA **COORD. DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS** ADÃO BENVINDO DA LUZ **COORD. DE METALURGIA EXTRATIVA** RONALDO SANTOS **COORD. DE QUÍMICA ANALÍTICA** MARIA ALICE DE GOES **COORD. DE ESTUDOS E DESENVOLVIMENTO** CARLOS CESAR PEITER **COORD. DE ADMINISTRAÇÃO** COSME REGLY **EDITORA E JORNALISTA RESPONSÁVEL** ANDRÉA VILHENA **PROJETO GRÁFICO** PATRÍCIA SALLES **REVISÃO** FLÁVIO MARIANO **COORD. EDITORIAL** JACKSON DE FIGUEIREDO NETO **EDITORIAÇÃO ELETRÔNICA** VERA LÚCIA RIBEIRO **ILUSTRAÇÃO** VITORVANI SOARES **COLABORARAM NESTA EDIÇÃO** ADÃO BENVINDO DA LUZ, MARISA MONTE E ROBERTO TRINDADE. **ENDEREÇO** AVENIDA IPÊ, 900 - ILHA DA CIDADE UNIVERSITÁRIA CEP 21941-590 **TELEFONE** (021) 3865-7222 **TELEFAX** (021) 290-9196 E 590-3047 **E-MAIL** cetem.info@cetem.gov.br **HOME-PAGE** <http://www.cetem.gov.br/>

## PROJETO DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DE ÁREAS MINERADAS ABRE NOVA FRENTE EM SANTA CATARINA

Na bacia carbonífera sul-catarinense, que se estende do município de Lauro Müller ao de Forquilha, está localizada uma das principais áreas de produção de carvão no Brasil. Associado às vantagens econômicas da atividade de mineração, o impacto ambiental resultante da extração e do beneficiamento deste bem mineral tem acarretado, entre outros problemas, a acidificação das águas dos rios da região. A situação levou o Sindicato da Indústria de Extração de Carvão de Santa Catarina (SIECESC) a solicitar ao CETEM o desenvolvimento de um projeto conceitual para a recuperação ambiental da região.

Há sete meses sendo desenvolvido em parceria com o Canada Centre for Mineral and Energy Technology (CANMET), centro de pesquisas do governo federal canadense, o trabalho integra o Projeto de Recuperação Ambiental de Áreas Mineradas, iniciado pelo CETEM em 1998 e previsto em sua Programação Trienal para o período 2000/2002. O convênio de cooperação técnica entre as duas instituições de pesquisa tem como objetivo tornar disponível ao setor mineral brasileiro técnicas mais avançadas para recuperação ambiental de áreas mineradas.

Em dezembro de 2000, uma equipe de dez pesquisadores e engenheiros do CETEM, CANMET e SIECESC concluiu a etapa conceitual do projeto. Nela foi feita uma avaliação sobre as pesquisas já realizadas acerca das questões ambientais envolvidas na mineração de carvão na região, identificando lacunas e sugerindo ações futuras. Foi diagnosticado o estágio das práticas ambientais das empresas carboníferas atuantes na área, indicada a metodologia a ser empregada nas etapas seguintes do trabalho e discutidas tecnologias disponíveis para recuperação da área. Dessa forma, lançou as bases para o desenvolvimento posterior de um projeto básico e outro detalhado, a partir dos quais poderá ser implementada a recuperação ambiental da bacia.

Além deste trabalho, o CETEM, em seu Projeto de Recuperação Ambiental de Áreas Mineradas, tem também desenvolvido trabalhos no estado do Rio Grande do Sul, em parceria com a Companhia Rio-Grandense de Mineração, e no estado de Minas Gerais com a Companhia Paraibuna de Metais e com a Companhia Mineira de Metais.

O trabalho em Santa Catarina, segundo o engenheiro metalúrgico Paulo Sérgio Soares, pesquisador do CETEM e coordenador técnico brasileiro do projeto, é o que tem maior dimensão. "Envolve três grandes bacias hidrográficas que drenam uma área de aproximadamente 10.000 km<sup>2</sup>: a bacia do rio Araranguá, a bacia do rio Tubarão e a bacia do rio Urussanga", explica.

### REJEITO RICO EM MINERAIS SULFETADOS

Na região da bacia carbonífera de Santa Catarina, a maioria das minas de carvão é subterrânea. Para ser beneficiado, o minério é extraído para a superfície, onde é feita sua separação do rejeito rico em minerais sulfetados. Estes minerais sulfetados em contato com o oxigênio do ar e a água da chuva liberam ácido para o meio ambiente e solubilizam metais pesados. A solução aquosa é drenada em direção aos corpos hídricos (lagos, rios e canais), comprometendo o seu ecossistema e a qualidade da água, enquanto fonte de abastecimento e opção de lazer para a população local.

O projeto, em suas próximas etapas deverá dedicar-se à implantação de um sistema de gestão ambiental nas empresas mineradoras da região e à indicação das tecnologias mais apropriadas para a recuperação ambiental das áreas.

Maiores informações poderão ser obtidas pelo e-mail do pesquisador Paulo Sérgio: [psoares@cetem.gov.br](mailto:psoares@cetem.gov.br) ou na home page: [www.cetem.gov.br/canmet](http://www.cetem.gov.br/canmet)

## TÉCNICAS DE BENEFICIAMENTO MINERAL APLICÁVEIS À ÁREA AMBIENTAL

Em recente visita de uma semana ao CETEM, o Prof. Jan Miller, da Universidade de Utah, com a qual o CETEM tem um intercâmbio na área de caracterização mineralógica, destacou algumas técnicas avançadas de beneficiamento mineral, atualmente desenvolvidas em universidades e empresas americanas, que têm aplicação não só na indústria mineral, visando ao aproveitamento econômico de minérios, mas, também, no que poderíamos chamar de “indústria ambiental”, como o tratamento de efluentes e a reciclagem de materiais. Entrevista concedida à jornalista Andréa Vilhena. Colaboração Marisa Monte e Adão B. da Luz (CETEM).



### **Quais são os campos de pesquisa atualmente em desenvolvimento nos Estados Unidos e que podem suscitar novos interesses de cooperação técnico-científica entre o CETEM e a Universidade de Utah?**

O processamento mineral ou quaisquer dos campos de pesquisa relacionados com fenômenos envolvidos em separação por flotação, incluindo a química de superfície, poderiam constituir uma base de cooperação entre o CETEM e a Universidade de Utah. Estes são campos de interesse cujas pesquisas têm sido focadas em aspectos diversos, tais como: flotação de partículas finas em um campo centrífugo com a utilização de hidrociclone de ar aspergido; análise de imagens; química de flotação de sulfetos; não-sulfetos e combustíveis fósseis. Esforços têm sido direcionados para a aplicação de tomografia computadorizada de raios X microfocalizada à engenharia de processos. Este recurso analítico pode ser aplicado à análise de liberação mineral, de materiais de construção e de fluxo por meios porosos.

As atividades de pesquisa em química de superfície têm envolvido a adsorção de surfactantes, particularmente a caracterização de filmes poliméricos auto-formados (*Langmuir-Blodgett monolayers*) por meio de espectroscopia Raman, espectroscopia de infravermelho e espectroscopia de infravermelho em tempo real.

Outro tema de interesse é a hidrometalurgia, especificamente a físico-química de lixiviação, cementação e extração por solvente. As pesquisas têm se voltado para a eletroquímica de cementação e reações de lixiviação, além da tecnologia

de recuperação de ouro por soluções lixiviantes, cianetadas ou não.

Com relação à área ambiental, devem ser destacadas as pesquisas para o tratamento de rejeitos da indústria de carvão, reextração de ar para remoção de substâncias orgânicas voláteis presentes na água potável ou na água utilizada no processamento mineral, tratamento de água por ozônio ou cloro, remoção de óleo disperso em água e remediação de solos contaminados.

### **Como funciona o hidrociclone de ar aspergido?**

O hidrociclone de ar aspergido (*ASH-Air Sparged Hydrocyclone*) é um ciclone cilíndrico, no qual o ar é aspergido através de um tubo poroso que constitui o corpo do ASH. A suspensão passa através do ASH em um fluxo giratório de água que captura o ar aspergido na forma de finas bolhas. Essas numerosas bolhas são aceleradas radialmente em direção ao eixo do ASH no campo centrífugo do fluxo giratório e ortogonalmente colidem com partículas sendo sedimentadas contra a superfície porosa do tubo. Esse impacto permite uma associação eficiente das bolhas com finas partículas hidrofóbicas, resultando numa taxa de flotação tão rápida, que a capacidade específica do ASH pode ser 100 vezes aquela dos equipamentos convencionais de flotação.

### **E quanto à tomografia computadorizada de raios X? Que tipos de resultados podem ser obtidos usando esta tecnologia?**

Essa tecnologia permite a visualização tridimensional de sistemas multifásicos. Partículas finas do fluxo segregado em

um hidrociclone podem ser visualizadas usando esta técnica, isto é, regiões espaciais de diferentes densidades são diferenciadas. O emprego de CT de raios X permite, ainda, a descrição da composição mineralógica tridimensional de partículas multifásicas. Atualmente, a resolução desta técnica foi estendida ao nível de partículas com 10µm de diâmetro usando o Micro CT. Deste modo, análises de liberação detalhadas podem ser obtidas em 3D, em vez de serem estimadas a partir de seções polidas. Finalmente, o CT de raios X pode ser usado para uma descrição mais precisa de fluxo por meios porosos, como nos processos de filtração, ou para a caracterização de estruturas particuladas produzidas pelo homem (por ex.: concreto).

### **O senhor pode citar alguns exemplos de aplicações recentes destas tecnologias na indústria?**

Algumas plantas industriais já estão utilizando com sucesso um sistema *online* de análise de tamanho de partícula (OPSA) em correias transportadoras, que foi desenvolvido a partir da técnica de análise de imagem.

As principais aplicações do ASH têm sido observadas no tratamento de efluentes por flotação; na descoloração de papéis reciclados e no tratamento de águas contaminadas. Além disso, têm sido introduzidas modificações nos parâmetros químicos de flotação para aumentar a eficiência da flotação de minérios de ouro piritosos e rochas fosfáticas. As aplicações comerciais desse novo equipamento de flotação incluem o tratamento de efluentes das indústrias de petróleo, papel, plásticos, metais pesados, processamento de alimentos, lavanderia, têxtil e ração animal.

## PROGRAMA DE AVALIAÇÃO SEMIQUANTITATIVA DE MERCÚRIO EM PEIXES

Com o objetivo de implementar um programa de prevenção de intoxicação por mercúrio das populações ribeirinhas, a pesquisadora Allegra Viviane Yallouz, da Coordenação de Química Analítica do CETEM, desenvolveu um método de baixo custo e de fácil operação, que permite medir o teor do metal presente na principal fonte de alimentação dessas comunidades – os peixes.

Diferente de todos os outros métodos disponíveis no mercado, que esbarram no alto custo dos equipamentos utilizados e a insuficiência de pessoal técnico especializado, esta tecnologia pode ser facilmente empregada em comunidades distantes dos grandes centros de pesquisas.

O método de avaliação semiquantitativa, ao determinar a concentração de mercúrio nos peixes, de acordo com as recomendações da Organização Mundial de Saúde (OMS), permite classificá-los em próprio para o consumo diário, para o consumo eventual ou impróprio.

O Programa de Avaliação Semiquantitativa de Mercúrio em Peixes é dividido basicamente em três etapas: avaliação preliminar do teor de mercúrio nos peixes

mais consumidos da região, a partir de dados da literatura e/ou análise de algumas amostras de peixe do mercado local; construção de um minilaboratório para a implementação do método e treinamento dos agentes ambientais para a execução de análises periódicas, caso tenha sido evidenciada a necessidade de controle do teor de mercúrio; por último, a promoção de seminários e vivências para divulgação dos resultados do trabalho e orientação a respeito do consumo de peixe.

**“Base da alimentação das populações ribeirinhas, o peixe é a principal via de intoxicação por mercúrio.”**

Para a implementação deste programa, a comunidade interessada deverá construir um minilaboratório constituído, basicamente, por uma bancada para o preparo das amostras de peixe; um sistema de exaustão por onde o mercúrio expulso da solução obtida com a solubilização das amostras de peixe irá passar; e um sistema de lavagem de gases. É necessária, também, a atuação de um técnico ou auxiliar de laboratório bem treinado para a realização das análises.

Metal líquido de cor prateada em temperatura ambiente, o mercúrio sofre em contato com o ar, água e alta concentração de matéria orgânica reações químicas que favorecem sua incorporação à cadeia alimentar, tornando-o um fator de risco à saúde.

Altamente tóxico, este metal tem sua presença na natureza explicada tanto por processos naturais (o vulcanismo, principalmente), como por ações antropogênicas. A atividade garimpeira, mais especificamente a extração do ouro, é responsável por uma quantidade significativa de mercúrio encontrada no meio ambiente.

A contaminação dos peixes por mercúrio ocorre por absorção deste metal de três formas: pela respiração, por ingestão de outros peixes contaminados e por meio da água, de sedimentos e alimentos. Base da alimentação de muitas populações ribeirinhas, o peixe tem sido apontado como a principal via de intoxicação por mercúrio.

Maiores informações: [www.cetem.gov.br/mercurio/semiquanti](http://www.cetem.gov.br/mercurio/semiquanti) ou [ayallouz@cetem.gov.br](mailto:ayallouz@cetem.gov.br)

### CONEXÃO

Estas são as dicas de sites na Internet e livros dadas por Roberto B. E. Trindade, pesquisador do CETEM, que, nesta edição dá destaque à área de meio ambiente:

- Departamento de proteção do meio ambiente do estado da Pennsylvania, EUA Pennsylvania's Department of Environmental Protection (<http://www.dep.state.pa.us/>) Trata-se de uma página com valiosas informações, sobretudo na área de drenagem ácida de minas. Ótimas publicações, como, por exemplo, “Coal Mine Drainage Prediction and Pollution Prevention in Pennsylvania”, podem ser solicitadas na própria página e são enviadas gratuitamente ao interessado.

- Mine Waste Management, editado por Ian P. G. Hutchison e Richard D. Ellison, publicado pela Lewis Publishers em 1992 (ISBN - 0-87371-746-5). Apesar de ter sido publicado há quase 10 anos, o livro é uma excelente fonte de informação sobre drenagem ácida de minas, reabilitação e meio ambiente para profissionais da indústria mineral, pesquisadores, consultores, agências reguladoras e estudantes.

- Revista *Nature*, on-line: <http://www.nature.com/>. Artigos da famosa revista e muitas informações interessantes.

- Programa de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Universidade Federal do Rio de Janeiro: <http://www.metalmat.ufrj.br/>

No momento, está em andamento a formação de parcerias com escolas técnicas e universidades, para a preparação de recursos humanos que irão atuar no programa. “No Brasil, existem mais de 80 escolas agrotécnicas e 24 escolas técnicas federais, que poderão participar na seleção e no treinamento dos agentes comunitários, assim como na supervisão do trabalho local”, explica Yallouz, coordenadora do Programa de Avaliação Semiquantitativa de Mercúrio em Peixes.

### ACONTECEU NO CETEM

- ✓ De outubro a dezembro, visitaram o CETEM: Dr. Robert Bruce Tippin, diretor do Minerals Research Laboratory, da North Carolina State University; Prof. Jan Miller, da Universidade de Utah; Dr. M. J. Schwuger, Diretor do Instituto de Física Química Aplicada, do centro de pesquisa alemão KFA, Dr. Paul Jourdan, presidente do MINTEK, da África do Sul; Prof. James Kahn, Diretor do Programa de Estudos Ambientais da Washington and Lee University; Dr. H. Steger do Mining and Mineral Sciences Laboratories/CANMET; Prof. Fathi Habashi da Universidade de Laval (Canadá); Prof. Mário Machado Leite, Diretor do Laboratório do Instituto Geominero-IGM de Portugal e Prof. do Depto. de Minas da Universidade do Porto; Teresa Pires, Louis Verret e Simone Direito, representantes da CIDA (Canadá).

NAVEGUE NA PÁGINA DO CETEM  
<http://www.cetem.gov.br/>