

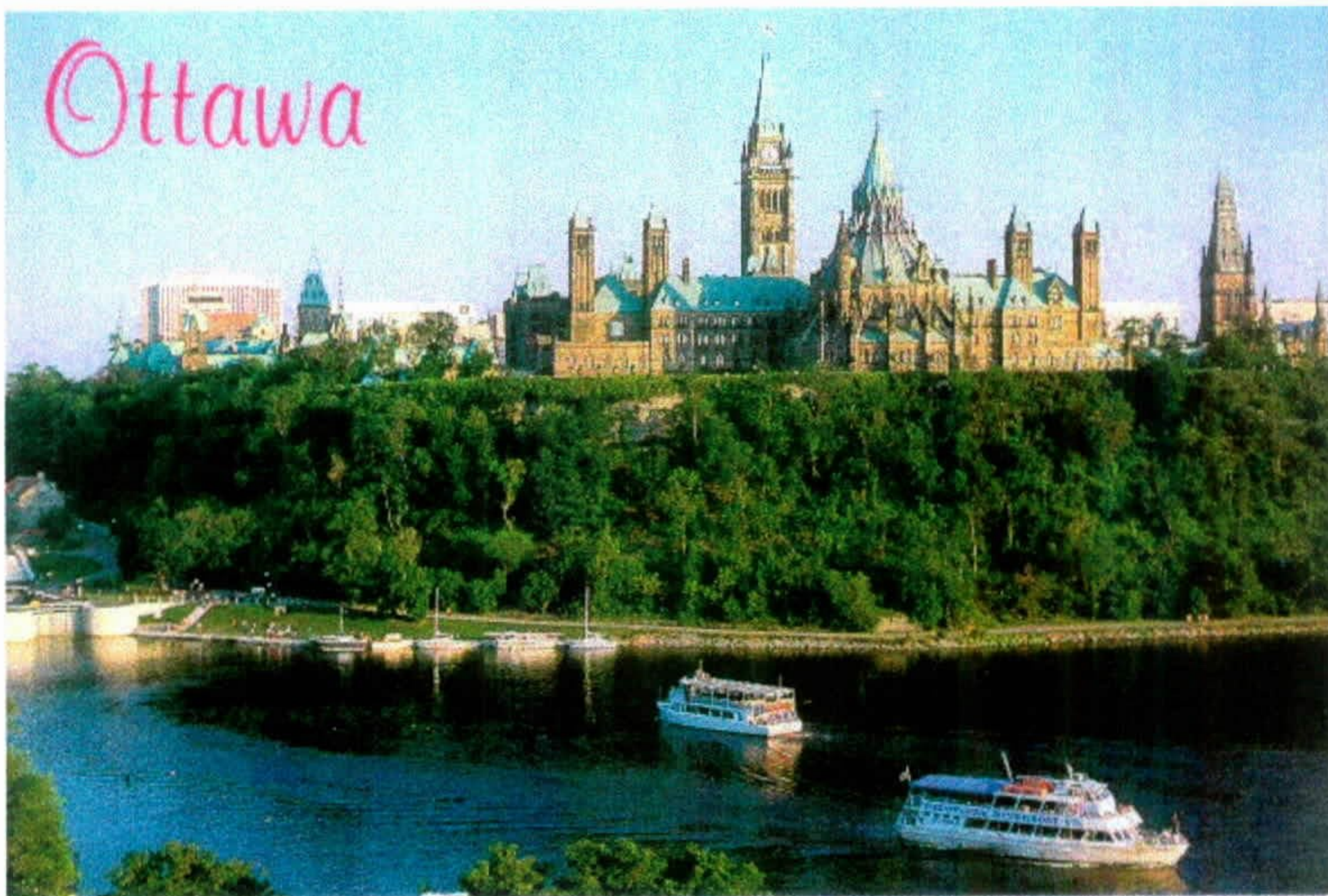


MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
Secretaria de Minas e Metalurgia
CPRM – Serviço Geológico do Brasil

RELATÓRIO de VIAGEM ao CANADÁ

Estágio de Doutorado

Geól. Ana Maria Dreher



Vista do Parlamento à margem do Rio Ottawa



Ministério
de Minas
e Energia



Agosto de 2002

I – INTRODUÇÃO

O presente relatório descreve as atividades desenvolvidas pela Geól. Ana Maria Dreher, da Divisão de Metalogenia do Departamento de Recursos Minerais da CPRM-RJ, durante estágio de 4 meses – de 4 de março a 10 de julho de 2002 - no Laboratório de Isótopos Estáveis Leves (LSILab) do Serviço Geológico do Canadá (GSC), em Ottawa.

O estágio foi supervisionado pelo Prof. Dr. Bruce E. Taylor e faz parte da pesquisa de doutorado que a Geól. Ana Dreher vem desenvolvendo, sob orientação do Prof. Dr. Roberto P. Xavier, junto ao Instituto de Geociências da Unicamp (SP) sobre a metalogênese do depósito de cobre e ouro de Igarapé Bahia, situado na região de Carajás, no Pará.

O projeto de estágio no exterior foi submetido à Fundação CAPES, na modalidade Doutorado Sanduíche, em setembro de 2001 e aprovado em novembro de 2001. A CAPES forneceu passagem aérea de ida e volta Rio-Ottawa-Rio, pagamento de seguro-saúde, auxílio-instalação e bolsa de estudos pelo período de 4 meses.

O projeto dispõe ainda de verba de US\$6.900,00 proveniente de Projeto de Auxílio à Pesquisa aprovado pela FAPESP sob o nº 99/03058, destinada ao pagamento das análises laboratoriais. Esta quantia ainda não foi dispendida visto que, em função de problemas operacionais no laboratório do GSC, somente parte das análises isotópicas pôde ser feita durante a permanência da Geól. Ana Dreher no Canadá. As análises ainda pendentes deverão ser processadas e os resultados remetidos ao Brasil dentro dos próximos meses.

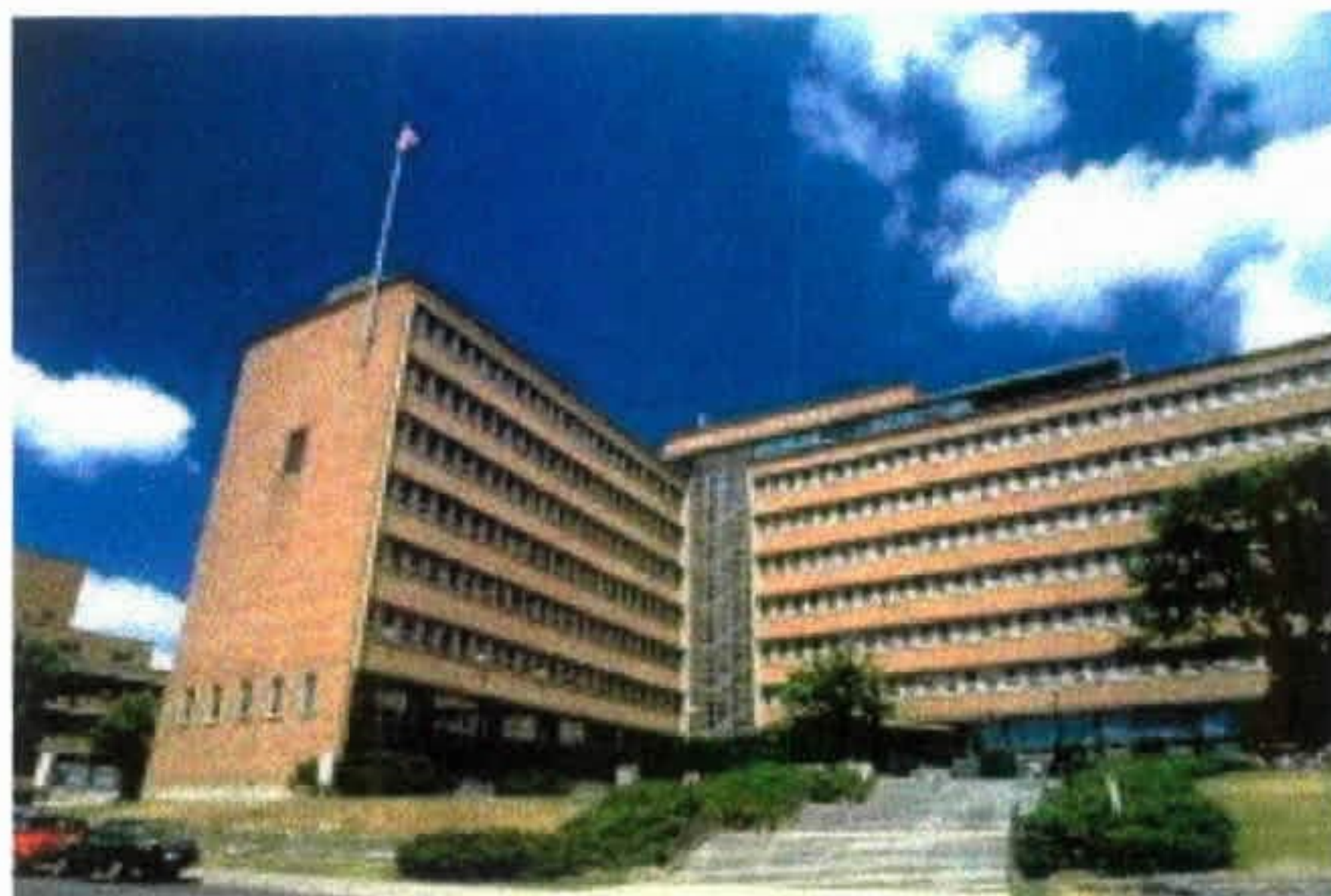
O afastamento do país pelo período de 4 meses foi autorizado pelo Ministério das Minas e Energia com ônus limitado, conforme DOU nº 23, secção 2, pg. 24, de 01 de fevereiro de 2002.

II – OBJETIVOS DA VIAGEM





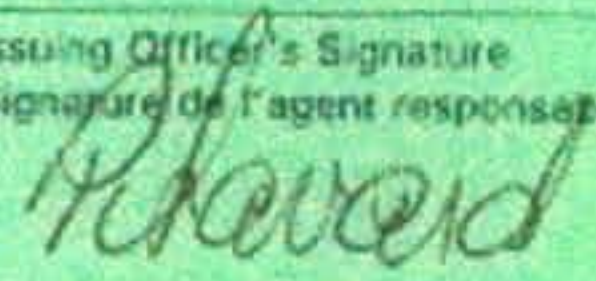
A viagem teve como objetivos principais o aprendizado da geoquímica de isótopos estáveis e a obtenção de dados isotópicos de minerais e rochas do depósito de Igarapé Bahia acima referido.

A escolha do Laboratório de Isótopos Estáveis Leves (LSILab) do Serviço Geológico do Canadá (GSC) para este estágio deveu-se, sobretudo, à sua conhecida capacitação para treinamento de cientistas visitantes, preparação de amostras e processamento de análises isotópicas com utilização de técnicas aperfeiçoadas e avançadas. Cumpre destacar que, exceto por análises isotópicas em carbonatos, ainda não existem no Brasil laboratórios preparados para efetuar análises de outros isótopos, como os de hidrogênio, oxigênio e enxofre.

Além dos estudos e análises isotópicas, a viagem ao Canadá possibilitou também a troca de experiências com cientistas de renome internacional pertencentes aos quadros do GSC, visitas a exposições montadas pelo Serviço Geológico do Canadá com exemplares de rochas e minerais provenientes de alguns dos mais importantes depósitos minerais daquele país, a preparação de artigo sobre o depósito de Igarapé Bahia e ainda o acesso ao Centro de Informações em Geociências do GSC de Ottawa, situado no 3º andar do edifício nº 601 da Booth Street, que contém uma das mais completas coleções de mapas, livros e periódicos em geociências do mundo.



Edifício do Serviço Geológico do Canadá em Ottawa, situado no nº 601 da Booth Street.
O Laboratório de Isótopos Estáveis situa-se no 7º andar.

	Family Name - Nom de famille
	DREHER
	Given Name - Prénoms
	ANA-MARIA
	Signature
	
	Natural Resources Canada
	Ressources naturelles Canada
	Expires - Expire le
P 40184061	10-07-2002
The employment status of this individual is: - Type d'emploi	
VISITING SCIENTIST	
Sector/Branch - Secteur/Direction	
SC	
Issuing Officer's Signature Signature de l'agent responsable	CC- 0381
	card number / numéro de la carte

Carteira de Identificação ("badge") para acesso ao prédio do Serviço Geológico em Ottawa

III – INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE A CIDADE DE PERMANÊNCIA

Durante os 4 meses de permanência em Ottawa foi alugado um apartamento térreo (“basement”) de 1 quarto, distante cerca de 1 km da Booth Street onde se situam os edifícios do Serviço Geológico da Canada. O deslocamento diário ao Laboratório de Isótopos Estáveis, situado no 7º andar do prédio nº 601 da Booth Street, era feito a pé.

Ottawa é uma cidade de pouco mais de 300 mil habitantes, portanto relativamente pequena. Oferece, porém, as facilidades de uma cidade grande e mesmo vantagens como, por exemplo, o deslocamento rápido e acesso fácil aos pontos de interesse. O transporte através da cidade é geralmente feito por meio de ônibus, que são eficientes e bastante pontuais.

A língua mais falada em Ottawa é o inglês, porém o francês é também muito utilizado, sendo as placas de ruas, cartazes e informações gerais à população sempre dadas nas duas línguas. O inglês falado em Ottawa guarda semelhança com o inglês americano e é de fácil compreensão. A moeda é o dólar canadense, que vale aproximadamente 2/3 do dólar americano. O povo é educado e bastante atencioso para com os estrangeiros.

Ottawa é uma bela cidade, que atrai turistas de todo o mundo, especialmente em maio, para o Festival da Tulipa, e durante o verão, para visitas a museus, prédios históricos e modernos, mercados de flores, parques e passeios nos pitorescos rios Ottawa e Rideau que banham a cidade.

O inverno é rigoroso, com temperaturas que podem chegar a -25 ou -30°C , sendo Ottawa a segunda capital mais fria do mundo no inverno, depois de Ulan Bator, capital da Mongólia. O inverno estende-se em geral até abril-maio, com alguma neve e temperaturas ainda negativas, porém o verão instala-se subitamente a partir de junho com temperaturas por volta dos 30°C e certa umidade no ar.

IV – DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

IV.1 – Infra-estrutura para o estágio

Para o estágio de 4 meses da Geól. Ana Dreher no Laboratório de Isótopos Estáveis Leves do Serviço Geológico do Canadá, foi reservada uma sala em frente ao Laboratório com mesa de trabalho e computador com acesso à Internet e correio eletrônico. Em sala vizinha uma copiadora xerox estava disponível.

O laboratório conta com um microscópio petrográfico, lupa binocular, balanças microanalíticas, almofarizes de aço e ágata, jogos de peneiras, fornos e uma série de outros instrumentos e materiais necessários à preparação e pulverização de amostras pequenas.

O Laboratório de Isótopos Estáveis Leves do GSC possui linhas de extração a vácuo convencionais para obtenção de isótopos de Carbono, Oxigênio e Hidrogênio. Os isótopos de enxofre, porém, são atualmente extraídos através de um sistema de tecnologia a laser, desenvolvido no próprio GSC e designado MILES (“Micro-Isotopic Laser Extraction System”), que possibilita análises de amostras extremamente pequenas e “in situ” de sulfetos com resultados altamente precisos.

As análises isotópicas são processadas por dois espectrômetros de massa Finnigan MAT 252, um deles acoplado a um analisador Carlo Erba e equipamento de cromatografia gasosa. Uma “work station” para registros computacionais e gráficos também é oferecida.

O Laboratório de Isótopos Estáveis é dirigido e operado de modo permanente pelos Drs. Bruce E. Taylor e Hassan Mirnejad, ambos geólogos pesquisadores pertencentes aos quadros do GSC. Aos cientistas visitantes é permitido utilizar as facilidades do laboratório e realizar suas próprias análises porém com aconselhamento e apoio dos operadores permanentes.

Informações gerais sobre o Laboratório de Isótopos Estáveis do Serviço Geológico do Canadá podem ser obtidas em http://www.NRCan.gc.ca/gsc/mrd/labs/labilab_e.html

IV.2 – Apresentação do plano de trabalho

Logo nos primeiros dias após a chegada ao Canadá, foi feita uma apresentação ao supervisor e chefe do Laboratório de Isótopos Estáveis do GSC, Dr. Bruce E. Taylor, sobre a geologia da mina de cobre e ouro de Igarapé Bahia, pertencente à Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) e situada na Província Mineral de Carajás, no Pará. Foram apresentados os dados e análises já efetuadas em amostras da jazida, expostas as hipóteses sobre a origem das mineralizações e também apresentadas e discutidas as ideias de diferentes autores sobre a gênese das rochas e da mineralização daquele depósito, que tem sido alvo de grande controvérsia. Os testemunhos de sondagem amostrados contendo minerais e rochas do depósito, levados do Brasil, foram mostrados ao Dr. Taylor e foi discutida sua adequação às análises isotópicas pretendidas e métodos de preparação.

De comum acordo como o supervisor Dr. Taylor, foi decidido que as análises para obtenção de isótopos de O, H, C e S, seriam feitas exclusivamente em minerais (carbonatos, silicatos, sulfetos e óxidos) e em algumas rochas selecionadas e que os trabalhos de preparação de amostras deveriam ser iniciados imediatamente. Foram descartadas análises isotópicas em certas rochas de Igarapé Bahia, parte delas por se encontrarem fortemente hidrotermalizadas e outras por serem praticamente isentas de minerais hidratados. Também não poderiam ser feitas análises isotópicas em inclusões fluidas, por falta de exemplares de quartzo de tamanho suficiente para a extração de quantidades mensuráveis de fluido.

IV.3 – Sobre a Importância dos Isótopos Estáveis no estudo de depósitos minerais

Isótopo é o nome dado a uma ou mais variedades de um mesmo elemento químico, portanto com o mesmo número de prótons, mas que diferem entre si por terem um número diferente de nêutrons. A maioria dos elementos químicos possuem mais do que um isótopo do tipo estável, isto é, que não se desintegra com o tempo como os chamados isótopos instáveis ou radiogênicos. Com os elementos químicos chamados leves, de massa atômica menor do que 40 (ou seja, mais leves do que o Cálcio), é possível haver o fracionamento ou separação dos isótopos através de processos físicos como consequência de suas diferenças de massa. Já com os elementos de massa atômica acima de 40, as diferenças de massa são muito pequenas, o que impede que os isótopos possam ser fisicamente separados.

Os isótopos estáveis de elementos leves, tais como C, H, O e S têm tido um uso crescente na área das geociências, principalmente no estudo da origem dos depósitos minerais. Quando combinados com outros dados geológicos e geoquímicos, as composições isotópicas de elementos como os acima mencionados podem fornecer a identificação da fonte, as temperaturas de deposição, as condições físico-químicas ou mecanismos de precipitação dos minerais e até mesmo servir de guia para se chegar ao minério. Em alguns casos, as

informações fornecidas por isótopos são únicas, em outros casos elas servem de apoio a outros dados ou hipóteses.

IV.4 – Preparação de amostras para as análises isotópicas

- **Preparação de amostras de minerais em geral.** Os minerais destinados a estudos isotópicos, como carbonatos, silicatos, óxidos e sulfetos, precisam ser de preferência puros e devem ser isolados das outras fases minerais associadas. As amostras de veios, cavidades ou rochas contendo os minerais destinados aos estudos isotópicos, foram primeiramente fragmentadas. A seleção de grãos minerais foi feita manualmente, sob lupa binocular. Os grãos selecionados, em quantidades geralmente entre 2 e 10 gramas, foram posteriormente triturados, peneirados até uma granulometria inferior a 150 micra e colocados em frascos para as análises isotópicas.

- **Preparação de minerais de granulometria muito fina.** No caso de minerais extremamente finos como, por exemplo, a magnetita e a calcopirita que ocorrem associadas em certas rochas mineralizadas de Igarapé Bahia, procedeu-se à trituração das amostras em duas frações, entre 150-106 μ e menor do que 106 μ . As frações foram lavadas em água destilada sendo a separação da magnetita dos sulfetos e demais minerais feita principalmente com o uso de um ímã de mão e pipeta. A fração mais grossa (150 a 106 μ) demonstrou ser a mais apropriada para a separação. Os concentrados de magnetita, geralmente pesando mais do que 1g, foram secos em forno e acondicionados em frascos, após moagem até uma granulometria extremamente fina, inferior a 106 μ .

No caso dos sulfetos, a forma mais apropriada de se separar grãos contaminados com magnetita, foi selecionar e isolar grãos da fração 150 – 106 μ sob lupa binocular, com uso de uma pinça não magnética. Foi possível selecionar apenas uma quantidade muito pequena de grãos de sulfetos puros, que foram então colocados em um pequeno gral de ágata e triturados sob uma camada de acetona (para evitar perda de material durante a trituração) até uma granulometria inferior a 0,5 mm. Através deste processo, quantidades de cerca de 1 mg ou pouco mais foram obtidas e igualmente reservadas para as análises. Estas quantias são consideradas suficientes para análises isotópicas de sulfetos através do sistema MILES.

- **Preparação de amostras de rocha.** Em amostras de rocha geralmente analisa-se isótopos de O e H. As rochas são trituradas até a fração entre 150-106 μ , reservando-se uma quantidade geralmente superior a 10g para as análises. Para as análises isotópicas de Hidrogênio é necessário ter-se uma estimativa da porcentagem de minerais hidratados, o que foi feito através de avaliação sob microscópio petrográfico das lâminas delgadas das respectivas rochas.

IV.5 – Métodos de Extração de Isótopos

A extração de isótopos em materiais geológicos como rochas e minerais é geralmente feita através de um ataque químico da amostra pulverizada, por meio do qual os isótopos estáveis são convertidos em um gás (geralmente CO_2 , H_2 ou SF_6 , no caso das análises pelo sistema MILES) e as diferenças de massa são medidas num espectrômetro de massa. Padrões com composições isotópicas conhecidas são sempre colocados para reagir juntamente com as amostras a serem analisadas.

- **Extração de Isótopos de Carbono e Oxigênio de Carbonatos.** A extração de isótopos de Carbono e Oxigênio de carbonatos é feita com uso de ácido fosfórico 100% colocado sobre cerca de 5 mg de amostra pulverizada em recipientes de vidro. Com variedades de carbonato como calcita, a reação se processa rapidamente (algumas horas) mas com outros tipos de carbonatos como dolomita, ankerita ou siderita a reação é mais demorada (pode levar alguns dias) e o recipiente deve ser aquecido até 50°C para acelerá-la. O CO_2 produzido pela reação é mantido sob vácuo, purificado por meio de Nitrogênio líquido e coletado após congelamento em um tubo de vidro selado. A metodologia usada baseia-se em McCrea (1950) e Al-Assam et al. (1990).

- **Extração de Isótopos de Oxigênio.** A técnica utilizada no LSILab para extração de Oxigênio de silicatos, óxidos e rochas utiliza o pentafluoreto de bromo (BrF_5) como reagente sobre cerca de 7-8 mg de amostra pulverizada dentro de cilindros de níquel aquecidos até 450°C por cerca de 12 horas. Com amostras de magnetita deve-se cuidar para que as amostras sejam pulverizadas muito finamente e as temperaturas nos cilindros sejam aumentadas até 600°C . O oxigênio liberado da reação é separado dos outros produtos por meio de Nitrogênio líquido e forçado a passar por cilindro de grafita aquecido para ser convertido em CO_2 , o qual, por sua vez, é congelado e aprisionado em tubo de vidro. A técnica é baseada em trabalho de Clayton e Mayeda (1963).

- **Extração de Isótopos de Hidrogênio.** O método convencional de extração de Hidrogênio de amostras de rochas e de minerais hidratados envolve, resumidamente, a inserção da amostra pulverizada em cadinho de platina aquecido até 400°C , dentro de um tubo de vidro submetido a vácuo. A água total extraída da amostra é destilada e convertida em Hidrogênio através de passagem por Urânio aquecido a 750°C . O método é baseado principalmente em Biegeleisen et al. (1952).

- **Extração de Isótopos de Enxofre.** O LSILab do GSC tem utilizado a técnica MILES (“Micro-Isotopic Laser Extraction System”), também chamada de microssonda a laser, desenvolvida no próprio GSC, para obtenção de isótopos de enxofre. Além de se constituir em método avançado e de alta precisão, a extração é rápida e a preparação de amostras dispensa os demorados trabalhos de separação de grãos requeridos para análises pelos métodos mais tradicionais. A microssonda a laser permite a análise de amostras muito pequenas, seja de sulfetos pulverizados (1 a 5 mg), seja de sulfetos “in situ” contidos em

pequenas secções polidas de rochas. O método envolve o aquecimento da amostra (pulverizada) em cadinho de níquel e sob vácuo por uma radiação laser de CO₂ de pequeno diâmetro, na presença de F₂ puro. O processo é monitorado por um sistema de câmeras. O produto formado, SF₆, é purificado por destilação criogênica, condensado e coletado em tubo de vidro para ser analisado no espectrômetro de massa. A literatura sobre a técnica desenvolvida no GSC encontra-se descrita em Taylor, B.E. e Beaudoin, G. (1993); Beaudoin, G. e Taylor, B.E. (1993); Beaudoin, G. e Taylor, B.E. (1994); Taylor, B.E. (2001).

IV.6 – Problemas operacionais

Antes da ida da Geól. Ana Dreher ao Canadá, o Laboratório de Isótopos Estáveis do GSC passou por uma reforma em suas instalações. Com isto os equipamentos e linhas de extração foram desativados e desmontados durante a reforma, que perdurou até outubro de 2001. Entrementes, o laboratório perdeu seu antigo técnico operador por motivo de doença, e um novo técnico precisou ser contratado e treinado. O laboratório foi sendo assim, a partir de janeiro de 2002, gradualmente remontado e seus equipamentos e materiais testados.

O estágio da Geól. Dreher, inicialmente previsto para começar em fins de 2001, foi adiado para março de 2002. Mesmo assim, vários problemas tiveram que ser superados para a obtenção de resultados analíticos satisfatórios e, ao final do estágio, apenas 30% das análises isotópicas tinham sido realizadas. Os Drs. Bruce Taylor e Hassan Mirnejad, entretanto, se comprometeram a efetuar as análises remanescentes e enviar os resultados dentro dos próximos meses.

V – CENTRO DE INFORMAÇÕES EM GEOCIÊNCIAS

O acesso ao Centro de Informações em Geociências (“Earth Sciences Information Centre”) do Serviço Geológico do Canadá possibilitou consultas e empréstimos de diversos livros e a obtenção de cópias de uma série de artigos, alguns deles raros.

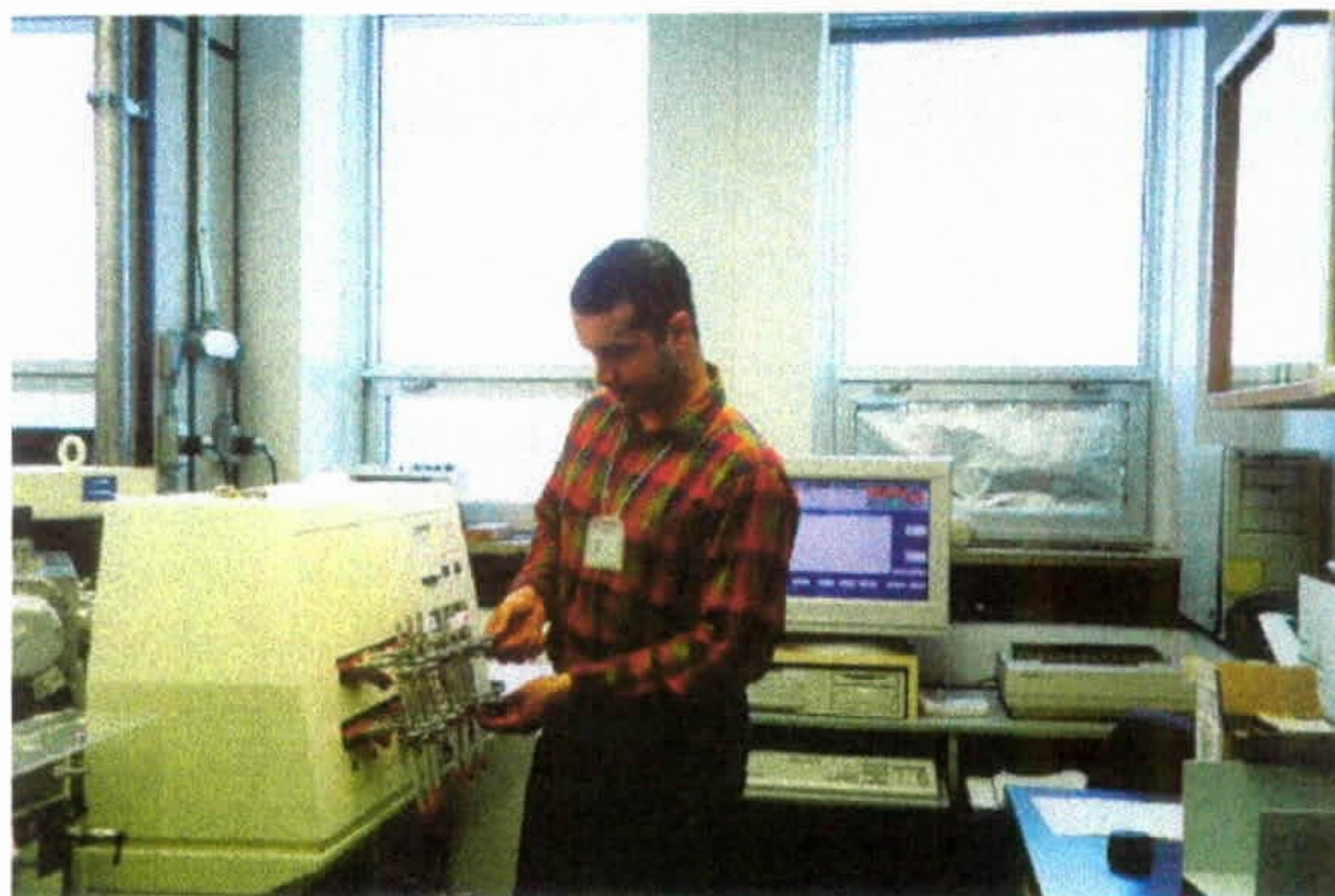
Tanto os empréstimos como as cópias são fornecidos gratuitamente aos cientistas visitantes do GSC. A Home Page do ESIC para interessados em pesquisa do acervo disponível é http://www.nrcan.gc.ca/ess/esic/esic_e.html O e-mail para informações gerais e remessa de documentos é esic.ill@nrcan.gc.ca

Dentre os livros consultados destacam-se:

- Lentz, D.R.(ed.) 1994 *Alteration and alteration processes associated with ore-forming systems*. Geological Association of Canada. Short Course Notes Volume 11.
- Kyser, T.K. (ed.) 1987 *Short course in stable isotope geochemistry of low-temperature fluids*. Mineralogical Association of Canada Volume 13
- Eckstrand, O.R. (ed.) 1984. *Canadian mineral deposit types: a geological synopsis*. Economic Geology Report 36. Geological Survey of Canada.
- Poulsen, K.H., Robert, F. e Dubé, B. (2000) *Geological classification of Canadian gold deposits*. Geological Survey of Canada Bulletin 540.
- Hannington, M.D. e Barrie, C.T. (eds.). 1999. The giant Kid Creek volcanogenic massive sulfide deposit, Western Abitibi Subprovince, Canada. *Econ. Geol. Monograph 10*.



Microssonda a Laser (“MILES”) para extração de isótopos de Enxôfre no Laboratório de Isótopos Estáveis do GSC.



Espectrômetro de massa Finnigan MAT 252 para análises isotópicas no LSILab.

- Spry, P.G., Marshall, B. e Vokes, F.M. (eds.) 2000. Metamorphosed and metamorphogenic ore deposits. *Reviews in Economic Geology* 11.
- Delvigne, J.E. *Atlas of micromorphology of mineral alteration and weathering*. Special Publication 3. The Canadian Mineralogist.

Dentre os artigos adquiridos destacam-se os seguintes:

- Friedman, I. e O'Neil, J.R. (1977) Compilation of stable isotope fractionation factors of geochemical interest. In: Fleischer, M. (ed.) *Data of Geochemistry*, 6th. Edn. US Geol. Surv. Prof. Paper 440-KK.
- Suzuoki, T. e Epstein, S. (1976) Hydrogen fractionation between OH-bearing minerals and water. *Geochimica Cosmochimica Acta* 40: 1229-1240.
- Herbert, H.K. e Ho, S.E.(eds.) 1990. *Stable Isotopes and Fluid Processes in mineralization*. University of Western Australia. Publication No.23.
- Sangster, D.F. e Hillary, E.M. (2000) SEDEX lead-zinc deposits – proposed subtypes and their characteristics. *Exploration and Mining Geology* 7 (4):341-357.
- Smoot, J.P. e Lowenstein, T.K. (1991) Depositional environment of non-marine evaporites. *Developments in Sedimentology* 50:189-347.
- Sillitoe, R.H. e Thompson, J.F.H. (1998) Intrusion-related vein-gold deposits: types, tectono-magmatic settings and difficulties of distinction from orogenic gold deposits. *Resource Geology* 48:237-250.

VI – ARTIGO ESCRITO

Durante a permanência no Canadá foi preparado o artigo:

- Dreher, A.M., Xavier, R.P. e Taylor, B.E. *Suggested origin of the Igarapé Bahia Cu-Au breccias, Carajás Mineral Province, Brazil*. A submeter.

VII – CONCLUSÕES

Apesar dos problemas operacionais, que impediram que parte das análises isotópicas fossem completadas ainda durante sua permanência no Canadá, o estágio de Doutorado da Geól. Ana Dreher no Laboratório de Isótopos Estáveis do Serviço Geológico do Canadá, em Ottawa, pode ser considerado como altamente proveitoso.

A importância e sucesso desta viagem pode ser aferida pelos objetivos alcançados, como o treinamento na geoquímica de isótopos estáveis, na preparação de amostras e em técnicas de extração isotópica avançadas e ainda não disponíveis no Brasil; o convívio e aconselhamento técnico dado por cientistas de renome como os Drs. Bruce E. Taylor e Hassan Mirnejad; e o acesso fácil a livros e publicações disponíveis no Centro de Informações em Geociências do Serviço Geológico do Canadá.

Os resultados da viagem deverão aparecer, em futuro próximo, sob a forma de uma tese de Doutorado e publicações que auxiliarão no entendimento da gênese de um depósito mineral importante como o de Igarapé Bahia, com possibilidades de aumentar o potencial exploratório da Província Mineral de Carajás.

VIII – RECOMENDAÇÕES

Estágios de Doutorado no exterior, como o experimentado pela Geól. Ana Maria Dreher, devem ser incentivados pois se constituem numa forma rápida e pouco dispendiosa de inserir técnicos da CPRM no uso e domínio de tecnologia avançada e de importância crescente em estudos metalogenéticos e em outras áreas das Geociências.

A permanência no Serviço Geológico do Canada permitiu verificar também o cuidado e grau de importância dado por aquela instituição ao seu Centro de Informações ou ESIC (“Earth Sciences Information Centre”), que possui um dos mais completos acervos de mapas e documentos do mundo na área de geociências. Sugere-se que a CPRM, Serviço Geológico do Brasil, procure manter atualizada sua coleção de documentos, particularmente de livros-texto de boa qualidade, através de consultas ao ESIC do Serviço Geológico do Canadá e outras fontes como catálogos de editoras.

IX – AGRADECIMENTOS

- Ao Dr. Luiz A. Bizzi, Diretor de Geologia e Recursos Minerais da CPRM, pelo apoio e liberação para o estágio de doutorado no exterior.

- Aos Drs. Gérson M. Matos, chefe da Divisão de Metalogenia, e João Henrique Gonçalves, chefe do Departamento de Recursos Minerais da CPRM, pela aprovação do projeto de doutorado.

- Aos demais colegas da CPRM, em particular aos Drs. Sabino O. Loguércio, Luiz C. da Silva, Emílio C. da Cruz e Sérgio L. Martini, pelos conselhos, ajuda e amizade demonstrados durante a preparação para a viagem e estada no Canadá.

- À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos, passagens aéreas, auxílio-instalação e seguro-saúde no exterior e pronto atendimento em assuntos referentes à viagem e permanência em Ottawa.

- Ao Prof. Dr. Roberto P. Xavier, do Instituto de Geociências da UNICAMP, pela amizade, orientação e apoio constante durante o doutorado e estágio no exterior.

- À FAPESP, pela aprovação do Projeto de Auxílio à Pesquisa e financiamento das análises isotópicas.

- À CVRD, em particular aos geólogos Luzimar Rego, Henrile Meireles, Alfredo Nunes e Benevides Silva pela hospedagem em Carajás, assistência e cessão de testemunhos de sondagem e mapas de Igarapé Bahia para a pesquisa.

- Ao Dr. Hassan Mirnejad, técnico-operador do Laboratório de Isótopos Estáveis do Serviço Geológico do Canadá, pela pronta ajuda em questões técnicas e alguns problemas do dia-a-dia.

- Ao Prof. Dr. Bruce E. Taylor, chefe do Laboratório de Isótopos Estáveis do Serviço Geológico do Canada, pela aceitação do projeto de trabalho no Canadá, aconselhamento técnico em diversas fases da pesquisa e agradável acolhida junto à sua família.

X – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Assam, I.S., Taylor, B.E. e South, B.S. (1990) Stable isotope analysis of multiple carbonate samples using selective acid extraction. *Isotope Geoscience* **80**:119-125.

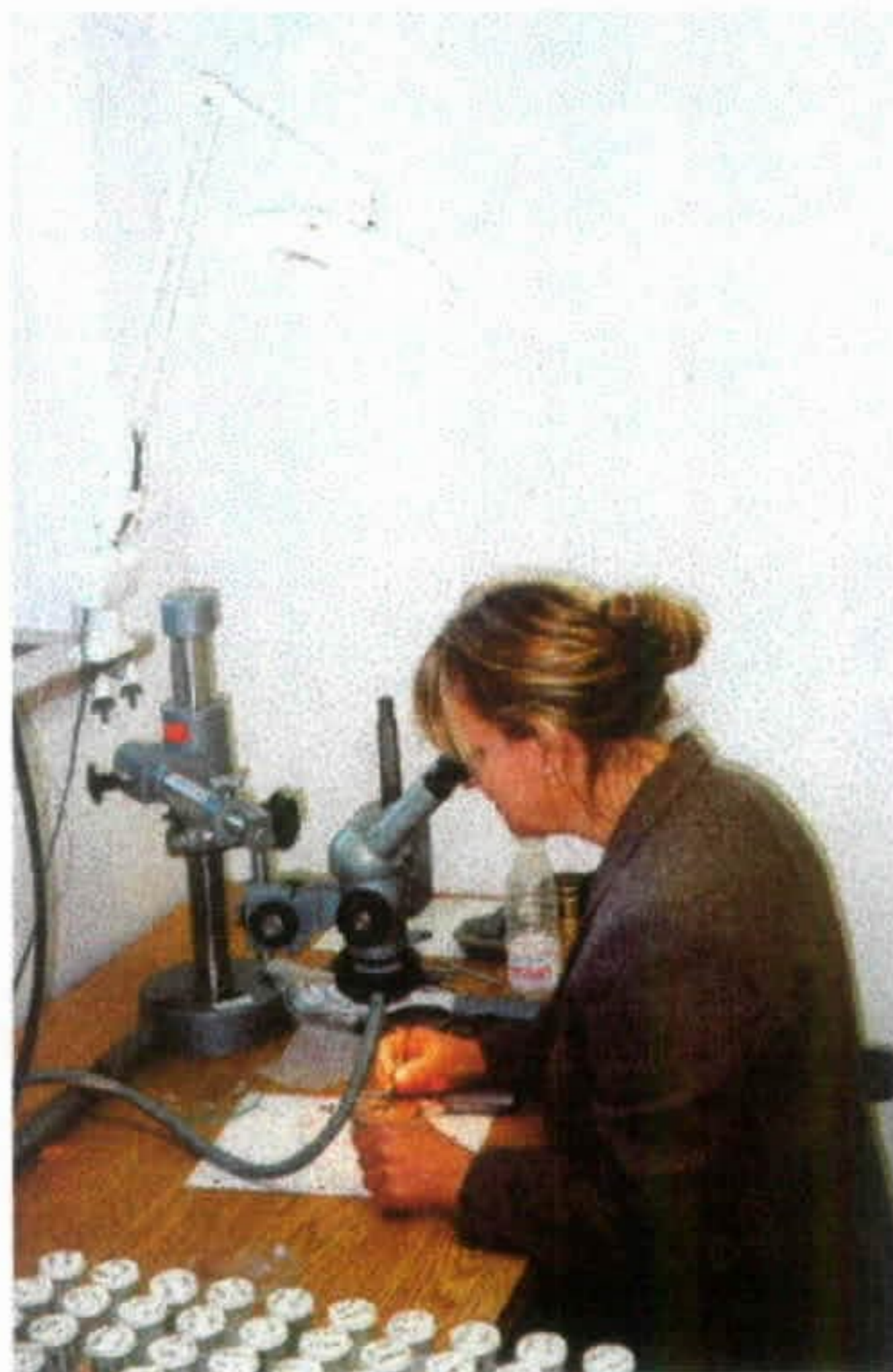
- Biegeleisen, J., Pearlman, M.L. e Prosser, H.C. (1952) Conversion of hydrogenic material to hydrogen for isotopic analysis. *Analytical Chemistry* **24**:1356-1357.
- McCrea, M. (1950) The isotopic chemistry of carbonates and a paleotemperature scale. *Journal of Chemical Physics* **18**:849-857.
- Clayton, R.N. e Mayeda, T.K. (1963) The use of bromine pentafluoride in the extraction of oxygen from oxides and silicates for isotopic analysis. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **27**:43-52
- Beaudoin, G. e Taylor, B.E. (1994) High precision and spatial resolution sulfur isotope analysis using MILES laser microprobe. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **58** (22):5055-5063.
- Beaudoin, G. e Taylor, B.E. (1993) MILES laser microprobe. Part 2: preliminary assessment of precision and accuracy of sulphur isotope analysis. In: *Current Research, Part D, Geological Survey of Canada*, Paper 93-ID:199-204.
- Taylor, B.E. e Beaudoin, G. (1993) MILES laser microprobe. Part 1: system description. In: *Current Research, Part D, Geological Survey of Canada*, Paper 93-ID:191-198.
- Taylor, B.E. (2001) Laser-assisted microanalysis of the sulphur isotope reference materials using the SF₆ method: calibration of the sulphur isotope reference scale and consistent discrepancies with SO₂-based measurements. *International Atomic Energy Agency, Vienna*. TECDOC (no prelo).

xxx

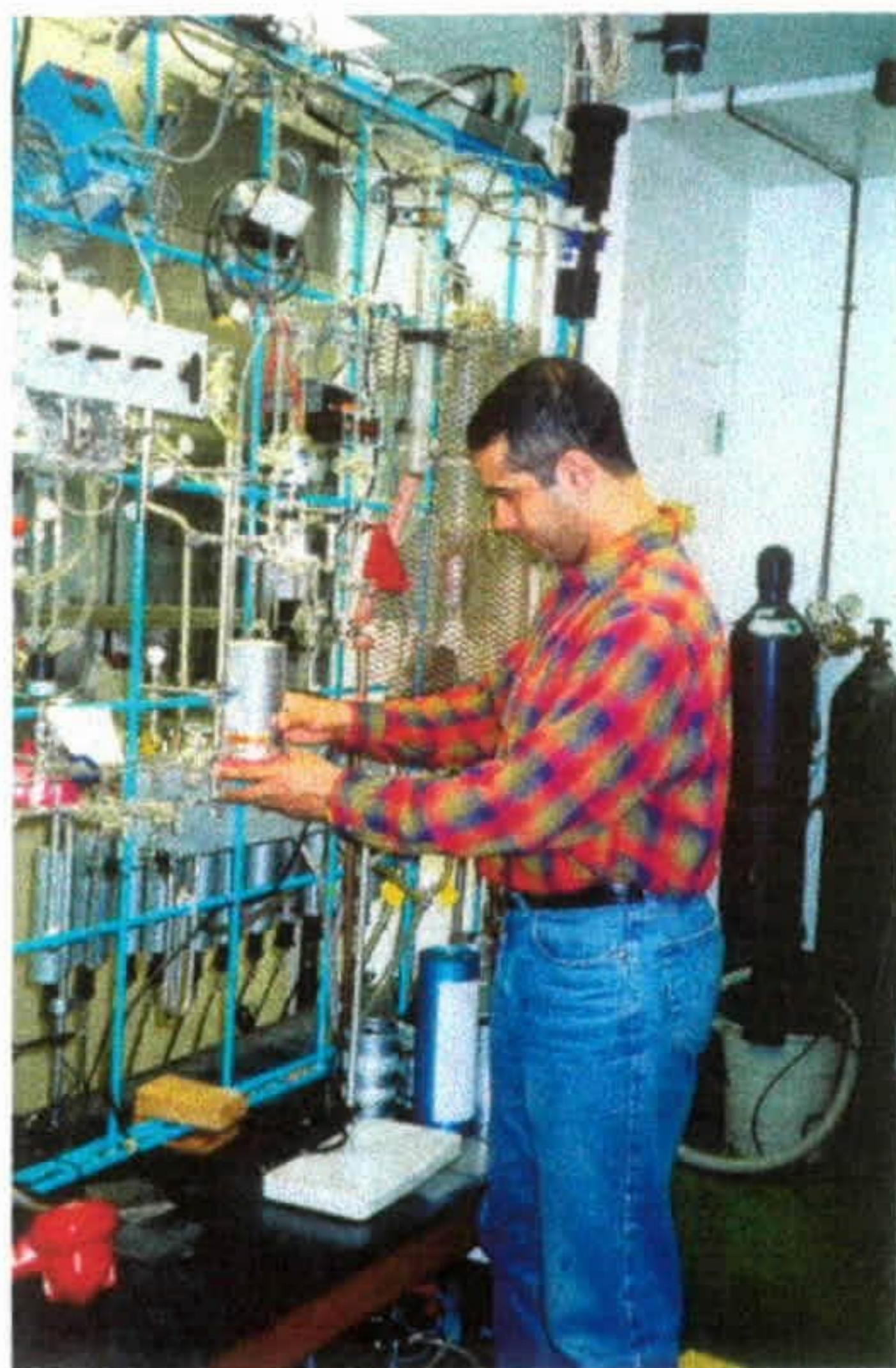
Rio de Janeiro, 15 de agosto de 2002



Geól. Ana Maria Dreher
Departamento de Recursos Minerais, CPRM-RJ



Preparação de amostras no Laboratório de Isótopos Estáveis.



Linha de extração de isótopos de Oxigênio do Laboratório de Isótopos Estáveis do GSC.