



CONTRATO Nº 48000.003155/2007-17: DESENVOLVIMENTO DE ESTUDOS PARA ELABORAÇÃO DO PLANO DUODECENAL (2010 - 2030) DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME**  
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E  
TRANSFORMAÇÃO MINERAL-SGM

**BANCO MUNDIAL**

BANCO INTERNACIONAL PARA A RECONSTRUÇÃO E DESENVOLVIMENTO – BIRD

**PRODUTO 06**  
**GEOQUÍMICA NO BRASIL: BASES DE DADOS EXISTENTES E**  
**NECESSIDADES FUTURAS DE AQUISIÇÃO**

**Relatório Técnico 14**  
**INFORMAÇÃO GEOQUÍMICA**

**CONSULTOR**

Antonio Juarez Milmann Martins

**PROJETO ESTAL**

PROJETO DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA AO SETOR DE ENERGIA

JULHO de 2009

**SUMÁRIO**

RESUMO EXECUTIVO .....	5
APRESENTAÇÃO .....	7
1. INTRODUÇÃO .....	8
2. GEOQUÍMICA NO BRASIL .....	9
2.1. HISTÓRICO .....	9
2.2. O SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOLÓGICAS DO BRASIL .....	11
3. A GEOQUÍMICA EM PAÍSES SELECIONADOS.....	29
3.1. ÁFRICA DO SUL.....	29
3.2. ARGENTINA .....	30
3.3. AUSTRÁLIA .....	30
3.4. CANADÁ .....	32
3.5. CHILE.....	33
3.6. CHINA .....	33
3.7. EUA .....	34
3.8. ÍNDIA .....	37
3.9 MÉXICO .....	38
3.10. PERU .....	39
3.11. RÚSSIA.....	40
4. CONCLUSÕES.....	41
5. RECOMENDAÇÕES .....	43
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	45

## **Lista de Figuras**

Figura 1: Projetos de prospecção geoquímica regional 1 executados para o DNPM e CPRM nas décadas de 70 a 90.....	12
Figura 2: Projetos de prospecção geoquímica regional 2 executados no Programa PLGB nas décadas 70 a 90.....	13
Figura 3: Projetos de prospecção geoquímica de detalhe executados para a CPRM, CNEN, RENCA e GEBAM nas décadas de 70 e 80.....	13
Figura 4: Projetos sem atividade geoquímica sistemática executados pela CPRM para a CNEN e Órgãos Estaduais.....	14
Figura 5: Detecção geoquímica para Cu e Pt no PNG da China.....	27
Figura 6: Distribuição de Cu em sedimentos de corrente e regolito no Estado do Paraná.....	27
Figura 7: Distribuição de Pb em sedimentos de corrente e solos no Estado do Paraná.....	28
Figura 8: Grau de Cobertura com Levantamentos Geoquímicos Regionais na China.....	34
Figura 9: Grau de Cobertura dos Levantamentos Geoquímicos nos EEUU.....	37

## **Lista de Quadros**

Quadro 1: Malhas de amostragens utilizadas nos projetos de geoquímica regional.....	15
Quadro 2: Tipos de análises químicas usados nos projetos de geoquímica regional e respectivos materiais.....	16
Quadro 3: Malhas de amostragens utilizadas nos projetos de geoquímica regional 2 e respectivos materiais.....	17
Quadro 4: Tipos de análises químicas usados nos projetos de geoquímica regional 2 e respectivos materiais.....	17
Quadro 5: Malhas de amostragens utilizadas nos projetos de geoquímica de detalhe.....	18
Quadro 6: Projetos da CPRM com levantamentos geoquímicos: 1972-1995.....	20

## RESUMO EXECUTIVO

A grande evolução da prospecção geoquímica, na procura de bens minerais, petróleo e gás natural deu-se logo após a Segunda Guerra Mundial, especialmente nos EEUU e Europa, daí se estendendo para quase todos os países do mundo.

No Brasil, o seu emprego regional em largas escalas deu-se a partir do final da década de 60 e, principalmente, na década de 70 e início dos anos 80, como parte dos trabalhos do Plano Mestre Decenal para Avaliação de Recursos Minerais do Brasil, 1965-1974, integrando os levantamentos geológicos na escala de 1:250.000 principalmente, e em todas as regiões brasileiras.

Praticamente todos os Serviços Geológicos do mundo utilizam a geoquímica como ferramenta auxiliar no conhecimento geológico e na prospecção mineral. No entanto, nas nações mais desenvolvidas, hoje existe uma tendência cada vez maior de uso da geoquímica com a preocupação ambiental em larga e pequena escalas. Este é o caso, por exemplo, dos EEUU e Canadá entre os países estudados neste trabalho.

EUA, Canadá, Austrália, China e Índia desenvolvem Programas Nacionais de Geoquímica de Baixa Densidade, caracterizados pela coleta de amostras de sedimentos fluviais ou de solos em escalas iguais ou menores que 1:250.000, com malhas menores do que 1 amostra/300 km<sup>2</sup> (na Austrália, a densidade para sedimentos de corrente chega a 1 amostra/5.500 km<sup>2</sup>), analisadas por um conjunto consistente de métodos. No Brasil, apenas duas experiências de monta foram realizadas até agora com a “metodologia de coleta de baixa densidade”: uma no Nordeste e outra no Paraná, com relativo sucesso.

Tal como o Brasil, os grandes países enfrentam os mesmos problemas com os seus dados geoquímicos, advindos da coleta de amostras diferenciadas no tempo, com procedimentos analíticos também diferenciados e arquivos de dados nem sempre recuperáveis ou confiáveis totalmente. Nas últimas décadas, a grande evolução nos tipos e precisão dos equipamentos tem oferecido uma série de oportunidades não só para as amostras que estão sendo coletadas, como para as antigas adequadamente conservadas.

No Brasil, as informações geoquímicas da CPRM - Serviço Geológico do Brasil estão organizadas em dois bancos de dados: o Catálogo de Projetos Geoquímicos e o GEOBANK. O primeiro também está integrado ao segundo hoje, e está disponibilizado em quatro categorias, de acordo com o promotor e/ou executor dos projetos com referências temporais.

Essas categorias compreendem: 1) Projetos com Prospecção Regional (Mapas 1), iniciados a partir de 1972 para o DNPM e projetos do Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB, executados para a CPRM, abrangendo um total de 63 projetos; 2) Prospecção Geoquímica Regional 2 (Mapas 2), executados no âmbito também do PLGB, no período entre 1975 e 1995, envolvendo áreas relativamente menores do que as anteriores, num total de 76 projetos; 3) Prospecção Geoquímica de Detalhe, num total de 104 projetos realizados entre 1975 e 1989, também em todas as regiões brasileiras; e 4) Projetos “sem Prospecção” propriamente dita, mas com alguma amostragem geoquímica, incluindo análises de sondagens.

De acordo com esses dados, o Brasil teria quase 4 milhões de km<sup>2</sup> de seu território amostrados com sedimentos ativos de corrente, e pouco mais de 3 milhões de km<sup>2</sup> com concentrados de bateia, os dois principais métodos de amostragem utilizados, a maior parte nas Regiões Norte e Nordeste. Essa quantidade de amostragem, evidentemente, nem sempre corresponde à qualidade e ao número de análises laboratoriais realizadas. Há, ainda, uma grande diversidade de malhas de amostragem utilizadas (1 amostra/km<sup>2</sup> até 1/900 km<sup>2</sup> no caso dos sedimentos de corrente; e 1/5 km<sup>2</sup> a 1/740 km<sup>2</sup>, no caso dos concentrados de bateia).

O GEOBANK é um banco de dados relacional orientado para objetos gráficos, desenvolvido em plataforma Oracle®, que pode ser acessado a partir de quaisquer lugares e dispõe de formulários na *internet* utilizando uma “política de senhas que permite separar os diferentes usuários com objetivos de acesso distintos” e seu grande desafio é adequar dados digitais ou não à sua estrutura, condicionada à localização geográfica das informações.

A sua base geoquímica original contém análises químicas e mineralógicas em mais de 356 mil amostras coletadas em 407 projetos executados pela CPRM desde 1972, cujas informações podem ser obtidas a partir de diversos parâmetros.

Dentre os países selecionados para este Relatório, apenas os EUA, a África do Sul, o Canadá e a Austrália possuem sistemas de informação e base de dados geoquímicos tão avançados quanto o GEOBANK. As informações sobre a China e a Rússia (além do Peru) não permitem avaliar claramente a profundidade de suas bases de dados em decorrência, talvez, das relativamente poucas traduções para o inglês.

Se o Brasil possui um banco de dados excelente, ele longe está de ter uma cobertura territorial com amostragem geoquímica à semelhança das nações mais desenvolvidas, com dimensões similares.

Em se considerando que a geoquímica é uma ferramenta muito importante para o conhecimento geológico e de seu potencial mineiro, e cada vez mais oferece elementos para estudos ambientais, urge que se estabeleça um Programa Nacional de Geoquímica para o país, a exemplo dos anteriormente citados, começando com a coleta de baixa densidade de sedimentos de corrente em todas as regiões do País, com ênfase na Região Amazônica, ainda a mais desconhecida. Em áreas de difícil acesso, o Serviço Geológico da África do Sul e do Canadá utilizam helicópteros para a amostragem, com vantagens econômicas e esse tipo de transporte para o trabalho deve ser avaliado para a Amazônia.

Idealmente, o Serviço Geológico do Brasil deve considerar, em um eventual Programa Nacional de Geoquímica, a reavaliação dos dados laboratoriais existentes (incluindo a re-análise ou novas análises de materiais que estejam arquivados) e o detalhamento das áreas já trabalhadas nas décadas anteriores, com a coleta de outras amostras (sedimentos, bateia, solos e água).

Atenção especial deve ser dada à geoquímica com aplicações ambientais, e, nesse caso, um programa especial de coleta e análises deve ser executado em regiões urbanas, naquelas com extensões expressivas de agropecuária e em zonas de mineração, como forma de remediação e controle da poluição.

Um Programa desse tipo irá requerer um grande número de técnicos preparados para coleta, integração e interpretação de dados, e laboratórios apropriados e modernos, em número e equipamentos. Nesse sentido, convênios com Universidades e com os Estados da Federação que possam ter condições de participar desse esforço serão necessários.

## APRESENTAÇÃO

O presente Relatório Técnico integra o denominado “**Estudos para Elaboração do Plano Duodecenal (2010-2030) de Geologia, Mineração e Transformação Mineral – ESTAL**”, idealizado pelo Ministério de Minas e Energia, através de sua Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral – SGM, à qual compete *coordenar os estudos de planejamento setoriais, propondo as ações para o desenvolvimento sustentável da mineração e da transformação mineral*, de acordo com o Decreto 5.267 de 05/11/2004.

O citado Plano, com o horizonte de 20 anos, “tem previsão de revisões quadrienais e detalhamento coincidentes com os períodos dos Planos Plurianuais – PPAs do governo, obedecendo às premissas de dinamicidade, realismo, atualização tecnológica, agilidade na obtenção da informação e na divulgação dos produtos, continuidade de recursos humanos e continuidade de recursos financeiros”, segundo estabelece o seu Termo de Referência para contratação de consultorias especializadas, como a J. Mendo Consultoria, responsável pela apresentação dos diversos Relatórios Técnicos, como parte dos seus 58 Produtos incluídos em 6 Macro-Atividades.

Neste Relatório Técnico 14 se analisam quantitativa e qualitativamente as informações geoquímicas disponíveis no território brasileiro, assim como de alguns países tradicionalmente mineradores selecionados e alguns da América Latina, na medida do possível considerando, nesta análise, os percentuais de recobrimento, as escalas de trabalho e a abrangência das informações contidas nas bases de dados e os sistemas de informações utilizados.

É sugerida a implantação de um Programa Nacional de Geoquímica, a exemplo de países como os EUA, Canadá, África do Sul, China e Austrália, que possuem dimensões territoriais similares às nossas, e é feita uma avaliação do banco de dados hoje existente na CPRM – Serviço Geológico do Brasil, um dos mais evoluídos no mundo (GEOBANK), além de outras recomendações.

## 1. Introdução

A Geoquímica tem sido desde tempos históricos uma das ferramentas mais importantes para o conhecimento, sobrevivência e evolução da humanidade, se forem consideradas as tentativas de se obter ouro através de outros metais, ou mesmo a descoberta das técnicas de nossos ancestrais na fabricação de ferramentas de ferro e bronze.

Textos gregos e romanos antigos registram a procura de ouro através do uso de bateia, e o clássico *De Re Metallica* de Georg Bauer (ou, como é mais conhecido, Georgius Agricola), publicado em 1556, descreve métodos para prospecção mineral, sua ocorrência em depósitos aluviais e a distribuição de veios ou minérios, utilizando, entre outros, a análise de água de fontes, além de observar o efeito tóxico de metais em plantas. O uso dessas também foi feito em meados do século 15 pelo italiano Giovanni de Castro, para descobrir veios mineralizados em alunita próximo a Roma, após o seu retorno da Síria, onde uma determinada planta também ocorria (Boyle, R.W., 1977).

No entanto, como ciência tal como é hoje conhecida, a geoquímica é relativamente recente, datando, na verdade, do primeiro quartel do século 19, quando Larden Vanuxem chamou a atenção, em 1827, para a interação química entre a atmosfera e a crosta terrestre, e, em 1844, Henry D. Rodgers, também nos EUA, estimou a quantidade de carbono extraída da atmosfera e armazenada nas rochas. Um ano antes, James Dana havia introduzido o conceito de metamorfismo, onde a geoquímica tem relevante significado. (Souren, A., 1999). A Rússia, por sua vez, considera V.I. Vernadsky, um mineralogista que relacionou pela primeira vez os elementos químicos com a formação de minerais na natureza, como o Pai da Geoquímica, também no início dos anos 1800. Foi nesses primeiros anos, também, que pioneiros da geoquímica descobriram como produzir sal a partir de água do mar e identificaram outros elementos e compostos, como o ozônio, que ajudaram a entender a criação da vida na Terra e os requisitos químicos básicos para mantê-la.

Nos EUA, a grande evolução da geoquímica parece estar ligada à agricultura (análise de solos), ao meio ambiente e à saúde (análise de água), mas é interessante notar que nos países com tradição mineira antiga (Alemanha, França, Inglaterra), a geoquímica teve raízes mais profundas do que em nações sem essa tradição. A própria *École de Mines de France* já tinha um laboratório químico em 1838 (Souren, op. cit.).

As técnicas de prospecção geoquímica, aqui entendida como a aplicação dos princípios e dados da geoquímica e da biogeoquímica na procura de depósitos econômicos de bens minerais, petróleo e gás natural, tiveram um grande avanço durante a Primeira Guerra Mundial e alcançaram um grau de sofisticação na década de 30 do século passado principalmente na Rússia e Países Escandinavos. Após a Segunda Guerra Mundial, diversos métodos então utilizados foram introduzidos na Inglaterra, Canadá, EUA, e, daí, para outros países como o Brasil, sendo hoje empregada nos mais diversos terrenos, das estepes russas aos desertos da Mongólia, Austrália e Namíbia, das florestas tropicais aos campos da Argentina, cerrados e caatinga brasileiros e africanos, e dos terrenos gelados da Antártica às grandes cadeias montanhosas e fundos oceânicos.



## 2. Geoquímica no Brasil

### 2.1. Histórico

Segundo a Sociedade Brasileira de Geoquímica (2003), os registros mais antigos que se tem sobre a utilização da geoquímica no Brasil datam do período 1881 a 1885, quando Henri Gorceix realizou análises completas de rochas e terras raras para complementar seus estudos em petrologia e mineralogia no laboratório da Escola de Minas em Ouro Preto, Minas Gerais, através do processo de copelação ou *fire assay*.

Ainda de acordo com a SBGq, em sua excelente publicação sobre a história da geoquímica em nosso País, no final da década de 30 o grande Djalma Guimarães, estudioso da obra de Viktor M. Goldschmidt, que pouco antes divulgara a distribuição dos elementos na crosta terrestre, “iniciou suas pesquisas com minerais raros, pegmatitos, bem como elementos raros utilizando espectrografia de emissão ótica”, no Serviço Estadual da Produção Mineral - SEPM, da então Secretaria de Agricultura de Minas Gerais.

Por essa época, o Laboratório da Produção Mineral – LPM, do DNPM, criado em 1934, já realizava análises minerais e de água, como parte do trabalho do Departamento no esforço de incentivar o estudo científico e a descoberta de depósitos econômicos.

A Segunda Guerra Mundial provocou em vários países a procura por bens minerais radioativos (urânio, tório, nióbio, tântalo, zircônio, terras raras), o que levou vários pesquisadores do SEPM a estudarem as águas minerais e radioativas de MG na primeira campanha geoquímica de que se tem notícia no Brasil, segundo a SBGq, com amostras orientadas por contador *geiger* e aerocintilometria, sendo analisadas por espectrometria óptica de emissão e fluorimetria (Dutra, 1958). Na década de 50, como parte de acordo de cooperação com os EUA envolvendo o DNPM e o *U.S. Geological Survey*, foram realizados mapeamento e levantamento geoquímico do Quadrilátero Ferrífero, com enorme sucesso.

Na década seguinte começaram a ser montados diversos laboratórios de geoquímica em Universidades brasileiras, muito em decorrência da criação dos primeiros Cursos de Geologia, com destaque para a UFBA, UFPE, USP, UFRJ, e em 1965 o DNPM lançou o “Plano Mestre Decenal para Avaliação de Recursos Minerais do Brasil – 1965 – 1974”, marco inicial para o conhecimento sistemático do território brasileiro, abrangendo, em essência, três grandes atividades: elaboração da Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, a realização de Projetos Básicos em escalas de 1:250.000 a 1:50.000, e Projetos Específicos de Pesquisa Mineral em áreas selecionadas.

Conquanto nos Projetos Básicos fossem realizadas amostragens e análises de materiais de aluviões e rochas, foi nos Projetos Específicos que se concentraram os trabalhos de prospecção e pesquisa mineral, envolvendo geoquímica, geofísica, além de poços, galerias, sondagens etc, e de acordo com a prioridade dada à substituição da importação de metais e matérias-primas a eles relacionados.

Entre os minérios prioritários encontravam-se os de **cobre**, com estudos no Ceará (municípios de Aurora, Iara), Rio Grande do Norte (São João do Sabugi), Bahia (Caraíba, Bela Vista do Boião, Cacimba da Torre), Rio Grande do Sul (Camaquã, Cêro dos Martins, Seival), Mato Grosso (Registro do Jauru); **fósforo**, na faixa costeira de Pernambuco-Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará, Minas Gerais (Araxá, Tapira, Salitre, Serra Negra), São Paulo (Jacupiranga), Goiás (Catalão); **alumínio**, em Minas Gerais (Poços de Caldas, Ouro Preto, Serro), Maranhão (Ilha de Trauíra e Chapada de Pirocáua), Amapá e Pará; **zinco e vanádio**, em Minas Gerais (Vazante, Januária-Itacarambi) e Pará (asfaltito do Rio Fresco); **níquel e cromo**, na Bahia (Campo Formoso, Saúde, Santa Luz, Poções), Minas Gerais (Passos-Piumhi), Goiás

(Niquelândia, Barro Alto, Canabrava, Hidrolândia, Cromínia); **estanho**, em Rondônia (Serra dos Pacáas Novos, Cantuária, São Domingos, Cautainho), Goiás (Ipameri); **titânio**, no Ceará (rio Curu, Canindé, Pentecostes, Independência), Goiás (rio Piracanjuba), faixa costeira da Bahia ao Espírito Santo); **chumbo**, na Bahia (Boquira, Macaúbas, Januária-Sento Sé, Brejeiro, Morro do Gomes, Taquari-Rio Sêso), São Paulo-Paraná (vale do Ribeira de Iguape); **ouro**, no Pará (bacia do rio Tapajós), Paraíba (bacia do rio Piancó); **diamantes**, nos rios Tocantins (cachoeira de Itaboca) e bacia do Araguaia (Marabá-Jatobá); **berílio, céσιο e rubídio**, na Paraíba e Rio Grande do Norte (serra da Borborema), Ceará (bacias dos rios Jaguaribe e Pirangi), Rio de Janeiro e sul da Bahia (provincia pegmatítica); **tungstênio-molibdênio**, no Rio Grande do Norte e Paraíba (Provincia Scheelitífera). **manganês** (em Minas Gerais), **carvão mineral** (São Paulo-Rio Grande do Sul, Pará, Amazonas), **sódio e potássio** (Sergipe) e **enxofre** completavam a lista dos bens minerais prioritários a pesquisar, além da **água subterrânea** no Nordeste do Brasil. Entre eles, a prospecção geoquímica teve papel importante na pesquisa para cobre, fósforo, zinco e vanádio, níquel e cromo, estanho, chumbo, ouro, contribuindo para o melhor conhecimento dos depósitos e ocorrências e para a descoberta de outras áreas favoráveis à sua concentração. Os resultados dessas pesquisas estão dispersos em vários relatórios inéditos e algumas publicações do DNPM e da CPRM.

Em meados dos anos 80 do século passado, o DNPM lançou o “Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB 1985-1999”, numa tentativa de alavancar o conhecimento geológico do País, prejudicado com as crises do petróleo de 1978 e 1982, que praticamente pararam os trabalhos de campo de geologia (conquanto se compilavam e integravam as informações no “Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais”).

O PLGB previa o “mapeamento geológico e geoquímico na escala de 1:250.000 da área pré-cambriana amazônica, a partir de regiões selecionadas pela aerogeofísica (magnetometria e cintilometria) executada e a ser promovida, num total de 2.100.000 km<sup>2</sup>; em escala de 1:100.000 em áreas selecionadas pelo “Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais”, fora da região amazônica, num total de cerca de 2.400.000 km<sup>2</sup>; e na escala de 1:50.000 em cerca de 980.000 km<sup>2</sup>”. As condições econômicas mundiais e nacionais vigentes durante aquela década e a seguinte permitiram que muito pouco do pretendido fosse realizado, ainda que um novo “Plano Decenal de Mineração” fosse lançado pelo DNPM para o período 1990-1999, ratificado pelo “Plano Plurianual para o Desenvolvimento do Setor Mineral – DNPM” de 1994, o qual resgatava basicamente as idéias do PLGB, com as mesmas intenções para a Amazônia e o restante do País, no concernente ao mapeamento geológico, geoquímico e geofísico, acrescentando estudos de geotecnia em áreas metropolitanas e cartas específicas para insumos para agricultura e áreas restritas (parques, reservas indígenas e florestais, faixas de fronteira etc).

Na década de 70, várias Companhias Estaduais de Mineração foram reforçadas ou criadas, com destaque para a Metais de Goiás, a Mineropar (Paraná), a Companhia Bahiana de Pesquisas Minerais, a Metamig (Minas Gerais), a Metamat (Mato Grosso) e a CRM (Rio Grande do Sul). A Mineropar e a CBPM, em especial, realizaram prospecção geoquímica em escala regional, com importantes resultados na detecção de áreas favoráveis para a mineração e outras com conotações ambientais (Mineropar).

Trabalhos de alunos e professores de Universidades também vieram a contribuir para o conhecimento do comportamento geoquímico de diversas regiões do País.

Um novo “Plano de Levantamentos Geológicos Básicos do País”, lançado em 2004 pela CPRM, está em andamento, agora com ênfase na Amazônia e nos aspectos ligados à geodiversidade, incluindo também a geologia médica.

O conjunto de trabalhos geológicos, geoquímicos e geofísicos realizados nas décadas de 60 e 70 principalmente foi o grande responsável pelo conhecimento do subsolo brasileiro, redundando na descoberta ou início de exploração mineira de grande parte dos importantes depósitos brasileiros conhecidos, a exemplo de:

- níquel em Niquelândia, Barro Alto, Canabrava, Morro do Engenho e Santa Fé em Goiás;
- Ouro em Mara Rosa/Chapada, em Goiás; Paracatu, Minas Gerais e Fazenda Brasileiro, na Bahia;
- Nióbio em Seis Lagos, no Amazonas;
- Cassiterita em Rondônia e Pitinga, no Amazonas;
- Alumínio no rio Trombetas;
- Fluorita em Santa Catarina;
- Cobre, níquel, cobalto em Americano do Brasil, Goiás;
- Cobre, chumbo, zinco em Palmeirópolis, Goiás;
- Urânio em Lagoa Real, Bahia;
- Fosfato em Irecê, Bahia, Itataia (c/ urânio, no Ceará) e Patos de Minas, em Minas Gerais;
- Titânio e vanádio em Campo Alegre de Lourdes, na Bahia;
- Cobre em Caraíba, Bahia.

## 2.2. O Sistema de Informações Geológicas do Brasil

Como parte integrante do “Programa Levantamentos Geológicos do Brasil – PLGB”, a CPRM desenvolveu para o DNPM o primeiro Sistema de Informações Geológicas do Brasil – SIGA, tendo por princípio o fato de que o programa iria gerar uma enorme quantidade de dados, além dos existentes, obtidos na década de 70, e que se perderiam ou teriam dificuldade de manejo caso não fossem organizados e disponibilizados ao público através de um acesso fácil e compreensível.

A partir dessa concepção inicial, foi agregada ao PLGB “uma série de projetos destinados a aumentar a eficiência dos trabalhos técnico-científicos, tornar viável a realização de outros e, principalmente, melhor atender aos usuários dos seus resultados:

- Elaboração de um novo Plano Diretor de Informática na CPRM;
- Criação de um sistema de informações geológicas de caráter nacional (SIGA);
- Atualização e modernização de sistemas e equipamentos existentes;
- Atualização dos sistemas de processamento **geofísico e geoquímico**;
- Introdução de uma filosofia de processamento distribuído, com participação dos usuários e incorporação de tecnologia de microcomputadores, redes e processamento gráfico;
- Implantação de sistemas de apoio gerencial descentralizados;
- Adoção de sistemas de acesso a bases de dados nacionais e internacionais;
- Integração dos bancos de dados do DNPM localizados nos computadores da CPRM (DNPM, 1984).

O SIGA passou a integrar vários bancos de dados que estavam na CAEEB – Companhia Auxiliar de Energia Elétrica Brasileira (extinta no Governo Collor de Mello), envolvendo acervo bibliográfico, bibliografia geológica do Brasil, projetos de mapeamento básico do DNPM, ocorrências minerais, descrição de afloramentos, análises petrográficas projetos de mapeamento geológico, **geofísico e geoquímico**, sondagens, ocorrências fossilíferas, análises químicas de rochas, datações geocronológicas, ocorrências e cadastros de gemas, índices cartográficos, descrição de solos, conseguindo reunir (e disponibilizar ao público), 805.500 documentos no

período julho de 1986 a julho de 1988. Apenas da base de mapeamento geológico, geofísico e geoquímico, haviam sido cadastrados no SIGA 10.200 documentos naquele período.

Paralelamente, a CPRM criou um Serviço de Atendimento aos Usuários denominado SEUS, até hoje em operação.

O acesso às Bases das Bases de Dados geocientíficas passou a ser através do Serviço INTERDATA da Embratel, sendo a principal delas a GEOREF, produzida pelo *American Geological Institute*, dos EUA.

Nos anos 90 e no atual século a CPRM experimentou um enorme salto de eficiência e qualidade de registros de dados, culminando com o atual GEOBANK, um banco de dados relacional desenvolvido em plataforma Oracle®, orientado para objetos gráficos e contendo várias bases de dados. Segundo o Relatório Anual 2007 da CPRM, foram acrescidos naquele ano “51 mil dados relativos às determinações geoquímicas de amostras oriundas dos projetos da CPRM/SGB em todo o País”, totalizando 351.055 amostras cadastradas na base “Geoquímica”.

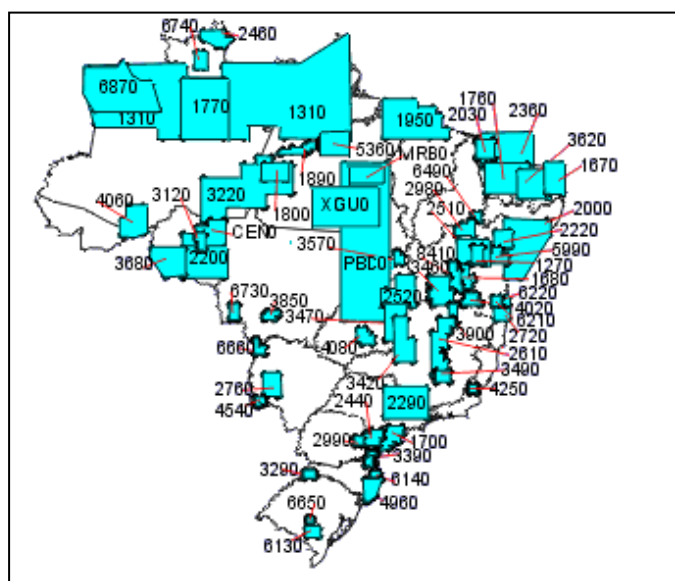
O exame das informações sobre a área de Geoquímica na página de internet da CPRM (maio de 2009) demonstra estarem ali cadastrados 262 projetos, em um total de 306.523 amostras coletadas para sedimentos de corrente (140.768), concentrados de bateia (41.930), solos (93.944) e rochas (26.881), não estando aí consideradas as amostras de água, vegetais e outras, correspondendo ao período de 1970 a 1998.

Os Projetos envolvendo Geoquímica estão ali classificados em 4 (quatro) grandes categorias:

- Prospecção Geoquímica Regional 1 – Mapas 1

“São projetos geoquímicos em nível de levantamentos, iniciados a partir de 1972 para o DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral, e projetos de geoquímica regional do Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB, executados para a CPRM”.

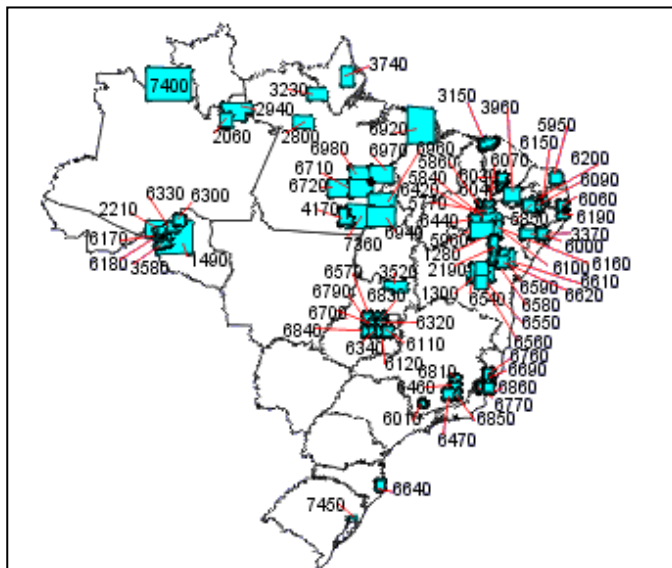
São 63 projetos abrangendo basicamente os anos 70 (32), 80 (26) e início dos anos 90 (5), cobrindo todas as regiões do País, com ênfase às regiões Norte e Nordeste em termos de área “coberta” e número de amostras coletadas (Figura1).



Fonte: CPRM, 2009

**Figura 1: Projetos de prospecção geoquímica regional 1 executados para o DNPM e CPRM nas décadas de 70 a 90**

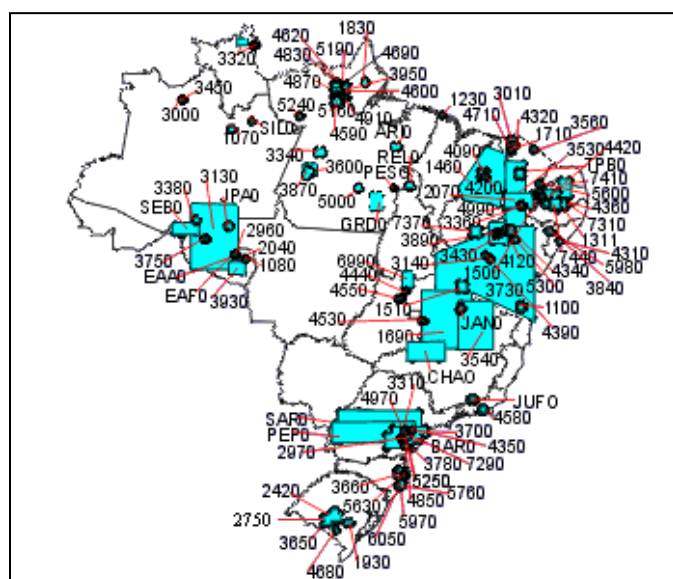
- **Prospecção Geoquímica Regional 2 – Mapas 2**  
 “São projetos de geoquímica regional que fazem parte do Programa Levantamento Geológico Básico do Brasil – PLGB executados para o Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM e para a CPRM – Serviço Geológico do Brasil”.  
 São 76 projetos executados nos anos 70 (11), 80 (14) e, principalmente, na década de 90 (51), com ênfase também às regiões Norte e Nordeste, tal como acima (Figura 2).



Fonte: CPRM, 2009

**Figura 2: Projetos de prospecção geoquímica regional 2 executados no Programa PLGB nas décadas 70 a 90**

- **Prospecção Geoquímica de Detalhe – Mapas 3**  
 “São projetos especiais e de prospecção geoquímica de detalhe executados para a CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN, Reserva Nacional do Cobre e Associados - RENCA e para o Grupo Executivo do Baixo Amazonas – GEBAM”.  
 São aí registrados 104 projetos, cobrindo grandes áreas do Nordeste, Norte e Sul-Sudeste do País, executados principalmente na década de 80 (70) e 70 (34) (Figura 3).



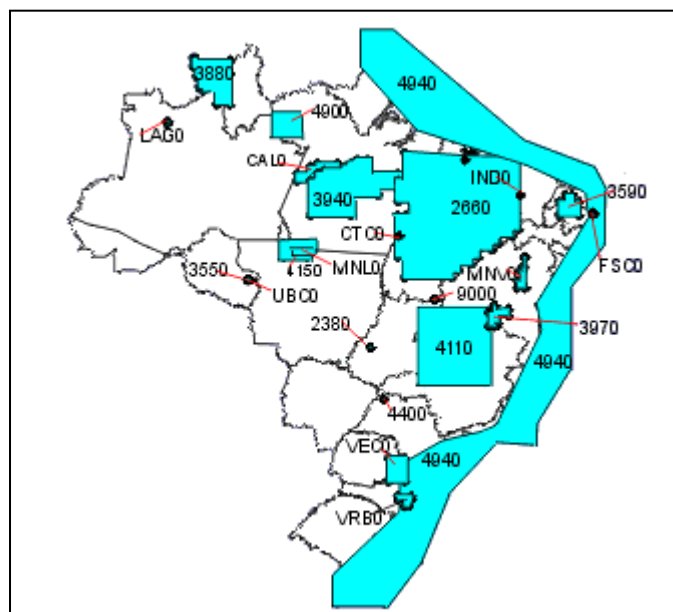
Fonte: CPRM, 2009

**Figura 3: Projetos de prospecção geoquímica de detalhe executados para a CPRM, CNEN, RENCA e GEBAM nas décadas de 70 e 80**

- Sem Prospecção – Mapas 4

“São projetos sem atividade de prospecção geoquímica executados pela CPRM - Serviço Geológico do Brasil para a Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN e órgãos de Governos Estaduais”.

Apesar de não haver uma prospecção geoquímica no sentido dos grupos de projetos anteriores, várias análises de sedimentos de corrente, concentrados de bateia, solos e rochas foram aqui realizados, principalmente nas Regiões Norte e Nordeste (Figura 4).



Fonte: CPRM, 2009

**Figura 4: Projetos sem atividade geoquímica sistemática executados pela CPRM para a CNEN e Órgãos Estaduais**

## 2.2.1. Análise dos dados disponíveis

### 2.2.1.1. Projetos de Prospecção Geoquímica Regional 1

Realizados em todas as regiões do Brasil nas décadas de 70 e 80, correspondem, em área total, à maior cobertura executada com trabalhos de geoquímica entre os quatro grupos considerados, abrangendo cerca de 2.133.153 km<sup>2</sup> do País, dos quais, quase a metade na região Norte (1.027.844 km<sup>2</sup>).

Na região Norte constituem-se em projetos de grande extensão, como os Projetos Norte da Amazônia (Domínios Baixo Rio Negro e Oiapoque-Jari), que, sozinhos, tiveram uma área amostrada de geoquímica de cerca de 370.000 km<sup>2</sup>; o Rio Negro (na denominada “cabeça do cachorro”), com 135.000 km<sup>2</sup> de área amostrada; Tapajós –Sucunduri (30.802 km<sup>2</sup>), Sudeste de Rondônia (73.033 km<sup>2</sup>); e Gurupi (21.500 km<sup>2</sup>).

Nessa região, as amostragens abrangeram sedimentos ativos de corrente (1 amostra/85 km<sup>2</sup> na média), concentrados de bateia (1/198 km<sup>2</sup>), solos (1/92 km<sup>2</sup>) e rochas (1/37,3 km<sup>2</sup>).

Na região Norte-Centro-Oeste destaca-se o Projeto Geofísica-Canadá, com 375.000 km<sup>2</sup> cobrindo parte dos Estados do Pará, Mato Grosso, Goiás e o hoje Tocantins, enquanto no domínio Goiás-Bahia cobriu 97.000 km<sup>2</sup> de área amostrada em suas três etapas.

Na região Centro-Oeste foi coberta uma área de cerca de 463.990 km<sup>2</sup> com trabalhos de geoquímica e também se realizaram amostragens de sedimentos de corrente (1/85 km<sup>2</sup>), concentrados de bateia (1/71 km<sup>2</sup>), solos (1/13,7 km<sup>2</sup>) e rochas (1/70,7 km<sup>2</sup>).

Na região Nordeste, onde se cobriu cerca de 457.450 km<sup>2</sup> totais com geoquímica, ressaltam como os maiores projetos o Fortaleza (53.000 km<sup>2</sup>), o Baixo São Francisco-Vaza Barris (101.945 km<sup>2</sup>) e o Rio Jaguaribe (72.000 km<sup>2</sup>).

Nessa região igualmente a amostragem abrangeu sedimentos de corrente (1/16 km<sup>2</sup>), concentrados de bateia (1/41 km<sup>2</sup>), solos (1/10 km<sup>2</sup>) e rochas (1/70 km<sup>2</sup>).

Também nas regiões Sudeste (156.130 km<sup>2</sup> de área coberta com geoquímica) e sul (27.738 km<sup>2</sup>) se realizaram, neste grupo de projetos, amostragens de sedimentos de corrente (malha de 1/11,5 km<sup>2</sup> na Sudeste e 1/5 km<sup>2</sup> na Sul), concentrados de bateia (1/55 km<sup>2</sup> e 1/20 km<sup>2</sup>, respectivamente), solos (1/195 km<sup>2</sup> e 1/3,7 km<sup>2</sup>) e rochas (1/334 km<sup>2</sup> e 1/25,5 km<sup>2</sup>).

O Quadro 1 a seguir ilustra melhor esses parâmetros:

Região	Sedimento	Concentrado	Solo	Rocha
Norte	1/85 km <sup>2</sup>	1/198 km <sup>2</sup>	1/92 km <sup>2</sup>	1/37,3 km <sup>2</sup>
Nordeste	1/16 km <sup>2</sup>	1/41 km <sup>2</sup>	1/101 km <sup>2</sup>	1/70 km <sup>2</sup>
C. Oeste	1/85 km <sup>2</sup>	1/71 km <sup>2</sup>	1/13,7 km <sup>2</sup>	1/70,7 km <sup>2</sup>
Sudeste	1/11,5 km <sup>2</sup>	1/55 km <sup>2</sup>	1/195 km <sup>2</sup>	1/334 km <sup>2</sup>
Sul	1/5 km <sup>2</sup>	1/20 km <sup>2</sup>	1/3,7 km <sup>2</sup>	1/25,5 km <sup>2</sup>

**Quadro 1: Malhas de amostragens utilizadas nos projetos de geoquímica regional 1**

Obs: as malhas do Quadro 1 correspondem aos projetos onde se fizeram as coletas respectivas das amostras de sedimentos, concentrados e solos no universo de todos os projetos realizados e não ao total da área coberta com geoquímica na região. Alguns deles não tiveram coletas de amostras de solos, ou de rochas ou mesmo de concentrados de bateia.

Em termos de amostras coletadas, a região Norte contribuiu com 12.357 (sedimentos de corrente), 5.174 (concentrados de bateia), 937 (solos) e 2.065 (rochas).

A região Nordeste com 28.466 (sedimentos de corrente), 7.745 (concentrados de bateia), 3.010 (solos) e 4.128 (rochas).

A região Centro-Oeste com 5.450 (sedimentos de corrente), 1.252 (concentrados de bateia), 6.262 (solos) e 1.089 (rochas).

A região Sudeste com 13.545 (sedimentos de corrente), 1.560 (concentrados de bateia), 784 (solos) e 454 (rochas).

E a região Sul com 5.450 (sedimentos de corrente), 1.252 (concentrados de bateia), 6.222 (solos) e 1.089 (rochas).

O Quadro a seguir ilustra os tipos de análises usadas para os materiais coletados, de maneira geral:

Análise	Sedimento	Concentrado	Solo	Rocha
A.Atômica	X	X	X	X
Colorimetria	X	X	X	X
Elet.Espec	X	-	X	X
Espectrog.	X	X	X	X
Cromatograf	X	-	-	-
Fluores. R X	X	-	-	X
Mineral qua/quant	-	X	-	-
E. fusão	-	X	-	-
Óxidos	-	-	X	X

**Quadro 2: Tipos de análises químicas usados nos projetos de geoquímica regional e respectivos materiais**

Obs: Absorção atômica para metais (Cu, Pb, Zn, Sn, Au etc); Eletrodo Específico para F, pH, Cromatografia para U, Fluorescência de Raios X para Th, Colorimetria para As, Sb, Ensaio por fusão para Au.

Nesses projetos foram poucas as amostras coletadas para água, vegetais e minérios.

### 2.2.1.2. Projetos de Prospecção Geoquímica Regional 2

Realizados também em todas as regiões do País, no período 1975-1995, tiveram seu ápice na primeira metade dos anos 90, e compreenderam cerca de 76 projetos que cobriram uma área total de 551.722 km<sup>2</sup> de nosso território com amostragem geoquímica, novamente com ênfase às regiões Norte (350.020 km<sup>2</sup>) e Nordeste (139.270 km<sup>2</sup>), seguidas do Centro-Oeste (36.000 km<sup>2</sup>), Sudeste (21.700 km<sup>2</sup>) e Sul (4.732 km<sup>2</sup>).

Ao contrário do grupo anterior, não abrange projetos com enormes extensões amostradas, variando as áreas cobertas entre um mínimo de 3.000 km<sup>2</sup> e um máximo de 72.000 km<sup>2</sup> (Folha Serra do Imeri, no norte do Amazonas, sudeste de Roraima). No entanto, demonstram a preocupação com a execução de trabalhos sistemáticos em áreas especiais, como a da região de Carajás, onde foram realizados trabalhos em cerca de 156.000 km<sup>2</sup> na escala de mapeamento de 1:250.000, no período de 1987 a 1991, ou no noroeste de Rondônia, na divisa com o Acre e Amazonas, cobrindo, na escala 1:100.000 de mapeamento, cerca de 15.000 km<sup>2</sup>.

Nessa região, predominou a amostragem de sedimentos de corrente (9.447 amostras) e concentrados de bateia (4.956), seguida de rochas (1.893) e solos (1.744). As malhas de amostragem variaram entre 1/11,3 km<sup>2</sup> para sedimentos de corrente, 1/21,5 para concentrados, 1/61 km<sup>2</sup> de solos e 1/56,2 km<sup>2</sup> para rochas.

Também na região Nordeste, a preocupação era a de realizar trabalhos de mapeamento em folhas agrupadas, contínuas de preferência, a exemplo dos Projetos Gavião - Serrinha (4 folhas na escala 1:100.000, num total de 12.000 km<sup>2</sup>), Utinga-Mucugê (3 folhas, 9.000 km<sup>2</sup>), Riacho do Pontal (10 folhas, 30.000 km<sup>2</sup>), Afogados da Ingazeira (4 folhas, 9.000 km<sup>2</sup>).

Aqui predominaram as amostragens de sedimentos de corrente (16.414 amostras), concentrados de bateia (4.827) e rochas (2.816), com a amostragem de solos em apenas 9 (2.222 amostras) dos 33 projetos do grupo. As malhas de amostragem abrangeram: 1/8,5 km<sup>2</sup> (sedimentos), 1/29 km<sup>2</sup> (concentrados), 1/62,7 km<sup>2</sup> (solos) e 1/ 49,4 km<sup>2</sup> (rochas).



Na região Centro – Oeste foram realizados 11 projetos, todos com áreas de 3.000 km<sup>2</sup>, à exceção do Projeto Canabrava-Porto Real, já nos limites de Tocantins, que cobriu 6.000 km<sup>2</sup>, e em todos eles as amostragens se restringiram a sedimentos de corrente (3.899 amostras) e concentrados de bateia (1.745), com total de apenas 31 amostras de solos coletadas em 3 dos projetos. Malhas de amostragem: 1/9,2 km<sup>2</sup> e 1/20,6 km<sup>2</sup>, respectivamente para sedimentos de corrente e concentrados de bateia.

Na região Sudeste, foi realizada amostragem geoquímica em 8 folhas no período 1987-1991, agrupadas em 3 Projetos: Cachoeiro do Itapemirim, ES (4 folhas, 11.200 km<sup>2</sup>), Barbacena, MG (3 folhas, 9.000 km<sup>2</sup>) e São Gonçalo do Sapucaí, também em Minas Gerais (1 folha de 1:100.000, 1.500 km<sup>2</sup>).

As amostragens predominantes também foram aqui as de sedimentos de corrente (2.257 amostras, malha de 1/9,6 km<sup>2</sup>) e concentrados de bateia (950 amostras, malha de 1/22,8 km<sup>2</sup>). Rochas foram coletadas em apenas quatro projetos (212 amostras, malha de 1/102 km<sup>2</sup>).

Na região Sul este grupo compreende apenas 2 Projetos na escala 1:100.000 de mapeamento, com a coleta de 521 amostras de sedimentos de corrente (1/9 km<sup>2</sup>), 430 de concentrados de bateia (1/11 km<sup>2</sup>), 32 de solos (1/148 km<sup>2</sup>), 274 de rochas 1/17,3 km<sup>2</sup>).

O Quadro 3 a seguir ilustra, por região, as malhas respectivas de amostragens nos projetos onde elas foram efetivamente realizadas.

Região	Sedimento	Concentrado	Solo	Rocha
Norte	1/9,5 km <sup>2</sup>	1/23,8 km <sup>2</sup>	1/76,5 km <sup>2</sup>	1/59,3 km <sup>2</sup>
Nordeste	1/8,5 km <sup>2</sup>	1/29 km <sup>2</sup>	1/63 km <sup>2</sup>	1/49,4 km <sup>2</sup>
C. Oeste	1/9,2 km <sup>2</sup>	1/20,6 km <sup>2</sup>	-	-
Sudeste	1/9,6 km <sup>2</sup>	1/22,8 km <sup>2</sup>	-	1/102,3 km <sup>2</sup>
Sul	1/9 km <sup>2</sup>	1/11 km <sup>2</sup>	1/148 km <sup>2</sup>	1/17,3 km <sup>2</sup>

**Quadro 3: Malhas de amostragens utilizadas nos projetos de geoquímica regional 2 e respectivos materiais**

Em termos de análises, o padrão utilizado foi praticamente o mesmo dos projetos do grupo anterior conforme demonstra o Quadro a seguir.

Análise	Sedimento	Concentrado	Solo	Rocha
A.Atômica	X	X	X	X
Colorimetria	X	X	X	X
Elet.Espec	X	-	X	X
Espectrog.	X	-	X	X
Cromatograf	-	-	-	-
Fluores. R X	X	-	X	X
Mineral qua/quant	-	X	-	-
E. fusão	-	X	X	X
Óxidos	-	-	X	X

**Quadro 4: Tipos de análises químicas usados nos projetos de geoquímica regional 2 e respectivos materiais**

Obs: Absorção atômica para metais (Cu, Pb, Zn, Sn, Au etc); Eletrodo Específico para F, pH, Cromatografia para U, Fluorescência de Raios X para Th, Colorimetria para As, Sb, Ensaio por fusão para Au.

### 2.2.1.3. Prospecção Geoquímica de Detalhe – Mapas 3

Embora realizados em todas as regiões geográficas do Brasil, tal como os dois grupos anteriores, os Projetos deste grupo, num total de 104, tiveram sua execução no período entre 1975 e 1989, com 70 deles somente na década de 80, cobrindo uma área total amostrada de cerca de 120.176 km<sup>2</sup> do País, com significativa concentração nas regiões Nordeste (43.730 km<sup>2</sup> de área amostrada) e Sudeste (42.725 km<sup>2</sup>), seguidas das regiões Norte (25.296 km<sup>2</sup>), Sul (7.069 km<sup>2</sup>) e Centro-Oeste (apenas 1.356 km<sup>2</sup> amostrados com geoquímica).

Na região Norte, à exceção do Projeto Seleção de Áreas/Porto Velho, que cobriu mais de 60.000 km<sup>2</sup> amostrados com geoquímica, todos os demais projetos (num total de 36) abrangeram áreas muito pequenas, entre 4 e 800 km<sup>2</sup> em geral, com apenas alguns na faixa de 1.000 a 4.500 km<sup>2</sup>.

Nessa região, a ênfase foi dada à amostragem de solos (24.395 amostras, malha de 1/0,90 km<sup>2</sup>), seguida de concentrados de bateia (3.118 amostras, ou 1/5 km<sup>2</sup>), sedimentos de corrente (2.521 amostras, malha de 1/6,9 km<sup>2</sup>) e rochas (8.642 amostras; 1/5 km<sup>2</sup>).

A região Nordeste, com 36 projetos, com destaque para a Bahia e Minas Gerais, compreendeu igualmente amostragens predominantes de solos (19.810 amostras, 1/0,9 km<sup>2</sup>), seguidas de sedimentos de corrente (8.642 amostras; 1/5 km<sup>2</sup>), concentrados de bateia (5.960 amostras ou 1/7,3 km<sup>2</sup>) e rochas (5.020 amostras; 1/8,7 km<sup>2</sup>).

Tal como nos casos anteriores, também na região Centro – Oeste a predominância foi de amostragens de solos (5.098 amostras, 1/0,26 km<sup>2</sup>), seguidas de sedimentos de corrente (1.275 amostras ou 1/1 km<sup>2</sup>), sedimentos de corrente (1.275 amostras ou 1/1,06 km<sup>2</sup>). No universo dos 4 projetos realizados nessa região, as amostras de rochas foram 37, em apenas 1 projeto (1/36,6 km<sup>2</sup>), e a de concentrados de bateia em 2 projetos (70 amostras ou 1/19,4 km<sup>2</sup>).

No período de 1975 a 1989 foram realizados 15 projetos com amostragem geoquímica na região Sudeste, com destaque para o Projeto Pesquisas Próprias e para a Seleção de Áreas/SP que abrangeram todo o norte do Paraná e sul de São Paulo, respectivamente. Neles, conquanto o número de amostras de solos ainda tenha sido o maior (7.400 amostras; 1/5,8 km<sup>2</sup>), o número de amostras de sedimentos ativos de corrente foi bastante significativo (4.772 ou 1/8,95 km<sup>2</sup>), e o de rochas atingiu 1.459 amostras, com malha de 1/29,3 km<sup>2</sup>. A quantidade de concentrados de bateia (493 amostras; 1/86,7 km<sup>2</sup>) e de rochas (200 amostras; 1/214 km<sup>2</sup>) foi muito pequena para ser representativa.

Na região Sul foram 14 projetos com amostragem geoquímica, sendo os maiores os Área 1 (1.000 km<sup>2</sup>), Wolframita no Estado de Santa Catarina (4.430 km<sup>2</sup>) Cobre nos Corpos Básico-Ultrabásicos do Rio grande do Sul (2.745 km<sup>2</sup>). Os demais variaram entre 2 e 545 km<sup>2</sup> de área levantada. As amostras de solos foram a maioria (6.963; malha de 1/5,6 km<sup>2</sup>), seguidas de sedimentos de corrente 2.288; 1/3,1 km<sup>2</sup>) e rochas (1.252; 1/5,6 km<sup>2</sup>) e concentrados de bateia 989 ou 1/7,1 km<sup>2</sup>).

O Quadro a seguir ilustra as malhas de amostragem.

Região	Sedimento	Concentrado	Solo	Rocha
Norte	1/6,9 km <sup>2</sup>	1/5 km <sup>2</sup>	1/0,9 km <sup>2</sup>	1/5,2 km <sup>2</sup>
Nordeste	1/5 km <sup>2</sup>	1/7,3 km <sup>2</sup>	1/0,9 km <sup>2</sup>	1/8,7 km <sup>2</sup>
C. Oeste	1/1 km <sup>2</sup>	1/19,4 km <sup>2</sup>	1/0,26km <sup>2</sup>	1/36,6 km <sup>2</sup>
Sudeste	1/8,9 km <sup>2</sup>	1/86,7 km <sup>2</sup>	1/5,8 km <sup>2</sup>	1/29,3 km <sup>2</sup>
Sul	1/3,1 km <sup>2</sup>	1/7,1 km <sup>2</sup>	1/1 km <sup>2</sup>	1/5,6 km <sup>2</sup>

**Quadro 5: Mapas de amostragens utilizadas nos projetos de geoquímica de detalhe**

Quanto às análises efetuadas, predominaram as de absorção atômica para elementos metálicos (Cu, Pb, ZN, Ag, Co, Ni, Cr) e colorimetria (As, Sb) em sedimentos de corrente, solos e rochas; óxidos maiores para solos; e fluorescência de Raios X (Rb, U, Th) para sedimentos e rochas.

#### **2.2.1.4. Projetos “Sem Prospecção”**

Este Grupo compreende poucos projetos com amostragem geoquímica muito localizada (23 projetos, alguns abrangendo vastas áreas de investigação na região Norte, como o Projeto Sul do Pará (22.500 km<sup>2</sup>), no Norte-Nordeste, como o Recursos Minerais da Bacia do Parnaíba (810.000 km<sup>2</sup>) e Sudeste, como o Sondagem do Bambuí (270.000 km<sup>2</sup>). O pequeno número de amostras coletadas para mais de 1.000.000 km<sup>2</sup> de área (603 de sedimentos de correntes, 1.574 de concentrados de bateia, 18 de solos, 2.963 de rochas, além de 405 de minérios) demonstra a pouca representatividade da amostragem realizada em termos de área, embora tenham sido importantes para os objetivos dos Projetos (minerais nucleares principalmente). Mesmo assim, o Quadro 6 relaciona essa amostragem com as respectivas malhas de coleta.

Aqui foram as rochas os materiais mais analisados (até porque muitas eram provenientes de testemunhos de sondagens), abrangendo métodos quantitativos (óxidos maiores, C orgânico, S, LiO<sub>2</sub>), absorção atômica, colorimetria (P, W, Ti), eletrodo íon específico (F), cromatografia (U), ensaio por fusão (Au) e fuorescência de Raios X (Rb).

Nesse grupo de projetos a CPRM ainda registra o Projeto Geoquímica Sedimentar de Superfície da Margem Continental Brasileira, realizado em parceria com a Secretaria Interministerial para os Recursos do Mar – SECIRM, em 1985, que cobriu todo o litoral do País, do Rio Grande do Sul ao Oiapoque, no Amapá, mas com a coleta de apenas 1.723, amostras segundo o banco de dados da CPRM.

#### **2.2.1.5. Considerações Gerais**

Levando-se em consideração apenas esses 262 projetos realizados no período de 1971 a 1995, pode-se fazer as seguintes observações genéricas, a partir do Quadro 6.

Quadro 6: Projetos da CPRM com levantamentos geoquímicos: 1972-1995

Região	Classe CPRM	Área total km <sup>2</sup>	Nº Projetos	Sedimentos de Corrente				Concentrados de Batéia			
				Área Amostrada km <sup>2</sup>	Nº Projetos	Nº Amostras	Malha	Área Amostrada km <sup>2</sup>	Nº Projetos	Nº Amostras	Malha
NORTE	1	1.027.844	21	1.027.844	21	12.357	1/85 km <sup>2</sup>	1.027.844	21	5.174	1/198 km <sup>2</sup>
	2	350.020	21	350.020	21	32.308	1/0,8 km <sup>2</sup>	296.020	18	4.956	1/160 km <sup>2</sup>
	3	25.296	36	17.452	24	2.521	1/7 km <sup>2</sup>	15.622	21	3.118	1/5 km <sup>2</sup>
	4	123.243	9	89.019	4	272	1/327 km <sup>2</sup>	89.000	4	239	1/372 km <sup>2</sup>
<b>Subtotal</b>		<b>1.526.403</b>	<b>87</b>	<b>1.484.335</b>	<b>70</b>	<b>47.458</b>	<b>1/31,3 km<sup>2</sup></b>	<b>1.428.486</b>	<b>64</b>	<b>13.487</b>	<b>1/106 km<sup>2</sup></b>
NORDESTE	1	457.451	19	457.466	19	28.466	1/16 km <sup>2</sup>	316.656	15	7.745	1/41 km <sup>2</sup>
	2	139.270	32	139.270	33	16.414	1/8,5 km <sup>2</sup>	132.820	31	4.827	1/29 km <sup>2</sup>
	3	46.430	35	43.730	22	8.642	1/5 km <sup>2</sup>	31.854	10	5.960	1/5,3 km <sup>2</sup>
	4	842.539	7	810.000	1	5	1/162.000 km <sup>2</sup>	828.562	4	1.113	1/744 km <sup>2</sup>
<b>Subtotal</b>		<b>1.485.690</b>	<b>93</b>	<b>1.450.466</b>	<b>75</b>	<b>53.527</b>	<b>1/27 km<sup>2</sup></b>	<b>1.309.892</b>	<b>60</b>	<b>19.645</b>	<b>1/67 km<sup>2</sup></b>
CENTRO-OESTE	1	463.990	7	463.990	7	5.450	1/85 km <sup>2</sup>	88.990	6	1.252	1/71 km <sup>2</sup>
	2	36.000	11	36.000	11	3.899	1/9 km <sup>2</sup>	36.000	11	1.745	1/20,6 km <sup>2</sup>
	3	1.356	4	1.256	3	1.275	1/1 km <sup>2</sup>	344	2	70	1/5 km <sup>2</sup>
	4	6.000	2	6.000	2	281	1/21 km <sup>2</sup>	-	-	-	-
<b>Subtotal</b>		<b>507.346</b>	<b>24</b>	<b>507.246</b>	<b>23</b>	<b>10.905</b>	<b>1/46,5 km<sup>2</sup></b>	<b>125.334</b>	<b>19</b>	<b>3.067</b>	<b>1/41 km<sup>2</sup></b>
SUDESTE	1	156.130	8	156.130	8	13.545	1/11,5 km <sup>2</sup>	156.130	8	1.560	1/55 km <sup>2</sup>
	2	21.700	8	21.700	8	2.257	1/9,6 km <sup>2</sup>	21.700	8	950	1/23 km <sup>2</sup>
	3	42.725	15	42.406	13	4.772	1/9 km <sup>2</sup>	2.104	10	493	1/4,2 km <sup>2</sup>
	4	312.000	3	42.000	1	45	1/933 km <sup>2</sup>	-	-	-	-
<b>Subtotal</b>		<b>532.555</b>	<b>34</b>	<b>262.236</b>	<b>30</b>	<b>20.619</b>	<b>1/12,7 km<sup>2</sup></b>	<b>179.934</b>	<b>26</b>	<b>3.003</b>	<b>1/60 km<sup>2</sup></b>
SUL	1	27.738	7	27.738	7	5.450	1/5 km <sup>2</sup>	25.368	6	1.252	1/20 km <sup>2</sup>
	2	4.732	2	2.366	1	521	1/4 km <sup>2</sup>	4.732	2	430	1/11 km <sup>2</sup>

				Sedimentos de Corrente				Concentrados de Batéia			
	3	9.015	14	4.570	13	2.288	1/2 km <sup>2</sup>	6.253	9	989	1/6 km <sup>2</sup>
	4	42.000	1	-	-	-	-	42.000	1	57	1/736 km <sup>2</sup>
<b>Subtotal</b>		<b>83.485</b>	<b>24</b>	<b>34.674</b>	<b>21</b>	<b>8.259</b>	<b>1/4,2 km<sup>2</sup></b>	<b>78.353</b>	<b>18</b>	<b>2.728</b>	<b>1/28,7 km<sup>2</sup></b>
	<b>1</b>	<b>4.135.479</b>	<b>262</b>	<b>3.738.957</b>	<b>219</b>	<b>140.768</b>	<b>1/26,56 km<sup>2</sup></b>	<b>3.121.999</b>	<b>187</b>	<b>41.930</b>	<b>1/74 km<sup>2</sup></b>

% Amostras											
				90,4%				75,5%			
% País				44%				36,7%			

Quadro 6 (continuação)

Região	Solos				Rochas			
	Área Amostrada km <sup>2</sup>	Nº Projetos	Nº Amostras	Malha	Área Amostrada km <sup>2</sup>	Nº Projetos	Nº Amostras	Malha
NORTE	85.990	7	937	1/92 km <sup>2</sup>	76.990	14	2.065	1/37,3 km <sup>2</sup>
	144.186	11	1.744	1/83 km <sup>2</sup>	278.020	17	1.893	1/147 km <sup>2</sup>
	22.125	24	24.390	1/0,9 km <sup>2</sup>	11.030	19	2.126	1/5,2 km <sup>2</sup>
	26.119	3	55	1/475 km <sup>2</sup>	78.224	7	928	1/84,3 km <sup>2</sup>
<b>Subtotal</b>	<b>278.420</b>	<b>45</b>	<b>27.126</b>	<b>1/6,6 km<sup>2</sup></b>	<b>444.264</b>	<b>57</b>	<b>7.012</b>	<b>1/63,3 km<sup>2</sup></b>
NORDESTE	303.651	10	3.010	1/101 km <sup>2</sup>	289.101	14	4.128	1/70 km <sup>2</sup>
	61.870	9	2.222	1/27,4 km <sup>2</sup>	130.270	32	2.816	1/46 km <sup>2</sup>
	17.905	22	19.810	1/0,9 km <sup>2</sup>	37.973	26	5.020	1/7,5 km <sup>2</sup>
	828.000	3	14	1/59.143 km <sup>2</sup>	84.850	4	1.443	1/59 km <sup>2</sup>
<b>Subtotal</b>	<b>1.211.426</b>	<b>44</b>	<b>25.056</b>	<b>1/48 km<sup>2</sup></b>	<b>542.194</b>	<b>76</b>	<b>13.407</b>	<b>1/40,4 km<sup>2</sup></b>
CENTRO-OESTE	85.990	4	6.262	1/13,7 km <sup>2</sup>	76.990	7	1.089	1/70,7 km <sup>2</sup>
	3.000	3	9.000	1/290 km <sup>2</sup>	-	-	-	-
	1.453	3	5.098	1/0,28 km <sup>2</sup>	100	1	37	1/2,7 km <sup>2</sup>
	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Subtotal</b>	<b>90.443</b>	<b>10</b>	<b>20.360</b>	<b>1/4,4 km<sup>2</sup></b>	<b>77.090</b>	<b>8</b>	<b>1.126</b>	<b>1/68,5 km<sup>2</sup></b>
SUDESTE	153.130	7	784	1/195 km <sup>2</sup>	153.130	7	458	1/334 km <sup>2</sup>
	3.000	1	1	1/3000 km <sup>2</sup>	10.500	4	212	1/49,5 km <sup>2</sup>
	42.698	13	7.400	1/5,8 km <sup>2</sup>	42.120	12	1.459	1/28,9 km <sup>2</sup>
	-	1	-	-	270.000	3	544	1/496 km <sup>2</sup>
<b>Subtotal</b>	<b>198.828</b>	<b>22</b>	<b>8.185</b>	<b>1/24 km<sup>2</sup></b>	<b>475.750</b>	<b>26</b>	<b>2.673</b>	<b>1/178 km<sup>2</sup></b>
SUL	23.088	4	6.222	1/3,7 km <sup>2</sup>	27.738	7	1.089	1/25,5 km <sup>2</sup>
	2.366	1	32	1/74 km <sup>2</sup>	2.366	1	274	1/8,6 km <sup>2</sup>
	8.928	9	6.963	1/1,3 km <sup>2</sup>	8.968	1	1.252	1/7,1 km <sup>2</sup>

	Solos				Rochas			
	-	-	-	-	42.000	1	48	1/875 km <sup>2</sup>
<b>Subtotal</b>	<b>34.382</b>	<b>14</b>	<b>13.217</b>	<b>1/2,6 km<sup>2</sup></b>	<b>81.072</b>	<b>10</b>	<b>2.663</b>	<b>1/30,4 km<sup>2</sup></b>
	<b>1.813.499</b>	<b>135</b>	<b>93.944</b>	<b>1/18 km<sup>2</sup></b>	<b>1.620.370</b>	<b>177</b>	<b>26.881</b>	<b>1/60,3 km<sup>2</sup></b>
<b>% Amostras</b>	<b>41,4%</b>				<b>39,2%</b>			
<b>% País</b>	<b>20,1%</b>				<b>19%</b>			

- Os levantamentos geológicos realizados na década de 70 (principalmente em sua primeira metade) objetivaram alvos específicos com possibilidades de se detectarem depósitos minerais importantes para substituição de importações (Sn, Cu, Ni, Cr, Al, Co, P) ou aumento de reservas já conhecidas (Nb, T.R., Au). As amostragens geoquímicas acompanharam estes objetivos.
- Na década de 80, os levantamentos geológicos foram sistemáticos (PLGB), executados de acordo com o corte cartográfico internacional para folhas 1:250.000 principalmente em áreas selecionadas pelos trabalhos da década anterior e pelo “Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais”. Em outras palavras, obedeceram a um planejamento de curto, médio e longo prazos (ainda que tivessem que ser interrompidos por falta de recursos orçamentários do DNPM. A prospecção geoquímica foi regional e de detalhe, acompanhando os levantamentos geológicos, mas nem sempre de forma sistemática. Aqui ainda ressaltam os projetos de detalhe executados para a pesquisa própria da CPRM e para a CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear.
- Na década de 90 (primeira metade) houve a continuidade dos levantamentos geológicos sistemáticos, com amostragem geoquímica de detalhe em vários deles.
- Considerados os quatro grupos de Projetos da página eletrônica da CPRM até aqui examinados, o Brasil teria quase a metade de seu território coberto com amostragem geoquímica não sistemática: cerca de 4.135.479 km<sup>2</sup>. Desse total, 3.738,957 km<sup>2</sup> estariam cobertos com amostragem de sedimentos ativos de corrente (44% do País); 3.121.999 km<sup>2</sup> com concentrados de bateia (36,7% do território); 1.813.499 km<sup>2</sup> com amostragem de solos (20,1%), não considerados, claro, os trabalhos da Embrapa e de órgãos estaduais; e 1.620.370 km<sup>2</sup> (19% do País) com amostragem de rochas para fins geoquímicos, conforme mostra o Quadro 6 – Projetos da CPRM com Levantamentos Geoquímicos no período 1971 – 1995.
- Nas décadas 70 a 90 as regiões Norte e Nordeste foram prioritárias na execução dos trabalhos, seguidas do Centro – Oeste, Sudeste e Sul, em número e extensão de projetos, mas foi nessas duas últimas em que se concentraram os projetos com maior detalhamento.
- A malha média de amostragem nesses quase 50% do território brasileiro foi de 1/26,56 km<sup>2</sup> para sedimentos de corrente; 1/74 km<sup>2</sup> para concentrados de bateia; 1/18 km<sup>2</sup> para solos; e 1/60,3 km<sup>2</sup> para rochas com objetivos de conhecimento geoquímico.
- A região Centro-Oeste foi a que teve a maior malha de amostragem para sedimentos de corrente (1/ 46,5 km<sup>2</sup>), seguida das regiões Norte (1/31,3 km<sup>2</sup>), Nordeste (1/27 km<sup>2</sup>), Sudeste (1/ 12, 7 km<sup>2</sup>) e Sul (1/4,2 km<sup>2</sup>).
- Já a região Norte foi a que teve a maior malha de amostragem para concentrados de bateia (1/106 km<sup>2</sup>), seguida das regiões Nordeste (1/67 km<sup>2</sup>), da Sudeste (1/60 km<sup>2</sup>), Centro – Oeste (1/41 km<sup>2</sup>) e Sul (1/ 28,7 km<sup>2</sup>).
- Solos variaram entre 2,6 e 6,6 amostras por km<sup>2</sup> nos projetos amostrados para geoquímica nas regiões Sul, Centro-Oeste e Norte, até 1/48 km<sup>2</sup> (Nordeste) e 1/24 km<sup>2</sup> na Sudeste.
- Os números acima, ilustrados detalhadamente no Quadro 6, demonstram não ter havido sistemática ou normatização/padronização de amostragem geoquímica para os projetos realizados nas diversas regiões do País. Em parte, certamente, por condições de acesso (regiões Norte e Centro-Oeste à época), em parte pelo preparo e número diferenciados das equipes envolvidas nos levantamentos e em parte pelos objetivos dos projetos nas décadas de 70, 80 e 90.



A pergunta que se poderia fazer é: são válidos os resultados obtidos? Certamente que sim, mesmo se considerando os equipamentos laboratoriais da época, que não permitiam atingir os limites de detecção que os atuais equipamentos permitem. E isso é válido para a grande maioria dos países que realizaram seus trabalhos após a 2ª Guerra Mundial.

O Relatório Anual da CPRM referente ao ano de 2007 demonstra a realização de 12 projetos de mapeamento geológico na escala de 1:250.000, com área total de 385.716 km<sup>2</sup>, dos quais 339.816 km<sup>2</sup> na região Norte, 36.000 km<sup>2</sup> na região Nordeste e 9.900 km<sup>2</sup> na região Sul.

Nesses projetos teriam sido coletadas apenas 539 amostras de sedimentos de corrente e 883 de concentrados de bateia, o que daria uma malha de 1/363 km<sup>2</sup> para os primeiros e 1/221 km<sup>2</sup>.

No mesmo Relatório, 23 projetos em 1:100.000 sendo realizados ou em fase final, cobrindo uma área total de 100.935 km<sup>2</sup>, dos quais, 9.136 km<sup>2</sup> na região Norte, 37.500 km<sup>2</sup> na Nordeste, 3.000 km<sup>2</sup> na Centro-Oeste, 43.291 km<sup>2</sup> na Sudeste, 8.008 km<sup>2</sup> na Sul.

Aqui foram coletadas 1.218 amostras de sedimentos de corrente e 382 de concentrado de bateia, resultando em 1/19,6 km<sup>2</sup> para as primeiras e 1/62,4 km<sup>2</sup> para as segundas.

Assim, em relação aos projetos dos anos 70 e principalmente 80, o número de amostras geoquímicas coletadas por projeto foi bem menor.

#### **2.2.1.6. O GEOBANK DA CPRM - Geoquímica**

A partir do final dos anos 90 a CPRM começou a implantar um dos mais completos e efetivos bancos de dados de Serviços Geológicos do mundo, concorrendo até mesmo com os dos países mais desenvolvidos e com maior tradição em mineração.

O GEOBANK “é um banco de dados relacional, orientado para objetos gráficos, desenvolvido em plataforma Oracle®, contendo várias bases de dados”, segundo o Relatório Anual 2007 da empresa. No momento, estão nele incluídas as bases de afloramentos, datações geocronológicas, estruturas, geodiversidade, geoquímica, litoestratigrafia, projetos, recursos minerais, petrografia, segundo a página eletrônica da CPRM. Uma outra base importante da CPRM é o SIAGAS – Sistema de Informações sobre Água Subterrânea.

Além dos 226 projetos tratados nos itens anteriores, o GEOBANK registrava, em maio de 2009, mais 102 projetos com amostragem geoquímica, num total de 328 Projetos. Parte deles ainda pertence ao PLGB – Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil das décadas de 80 e 90. Outros localizam-se no Nordeste (Folhas Belo Jardim, Garanhuns, Jardim do Seridó, Macau, Pesqueira, Santa Cruz/Capibaribe, Sertânia, Solânea, Souza, Venturosa), Norte (região de Porto Velho-Abunã) e Platina no Norte, Nordeste, Centro – Oeste, Sudeste e Sul, abrangendo áreas extensas e malhas de amostragem com baixa densidade, entre outros.

Esses Projetos não invalidam as estatísticas consideradas anteriormente, mas nos projetos mais recentes a metodologia prospectiva abrange a coleta de “amostras de sedimentos ativos de corrente (drenagem) por equipes especializadas e analisadas por Espectrometria com equipamento gerador de Plasma (ICP-MS) para cerca de 70 elementos químicos, com grande sensibilidade e precisão, em baixos limites de detecção (partes por bilhão). Paralelamente, são coletadas amostras de concentrados de bateia, que permitem a detecção direta de minerais pesados, notadamente os metálicos, por meio do estudo mineralógico dos grãos”.

Segundo ainda a página atual da CPRM, a “base geoquímica original é formada por análises químicas e mineralógicas executadas em 356.688 amostras coletadas em estações de 403 projetos executados pela Companhia desde 1972”. No GEOBANK, as amostras podem ser selecionadas por coordenadas limítrofes, nome do projeto e classe da amostra (tipo coletado). “As bases pontuais no

antigo banco de dados da CPRM (SIGA) foram aproveitadas em sua maioria na migração para o GEOBANK, segundo a CPRM, mas alguns campos introduzidos nas novas bases não foram contemplados e ficaram sem informações, estando, no entanto, sendo atualizadas e consistidas”.

Levada em consideração a extensão total do Brasil, ter-se-á 1 amostra de geoquímica (sedimentos de corrente, que são as mais comuns) por 23,8 km<sup>2</sup>.

### **2.2.1.7. Amostragens geoquímicas de baixa densidade**

Os levantamentos geoquímicos voltados para a prospecção mineral caracterizam-se, em geral, pela coleta de um grande número de amostras de sedimentos de corrente, concentrados de bateia, solos e rochas, conforme o caso, cobrindo áreas determinadas como potencialmente mineralizadas a partir de mapeamentos geológicos, geofísicos, estudos a partir de sensores remotos envolvendo tectônica, petrologia e até mesmo registros históricos. A partir do reconhecimento geoquímico em grandes áreas, os levantamentos vão passando por etapas cada vez mais detalhadas até se restringirem os alvos desejados.

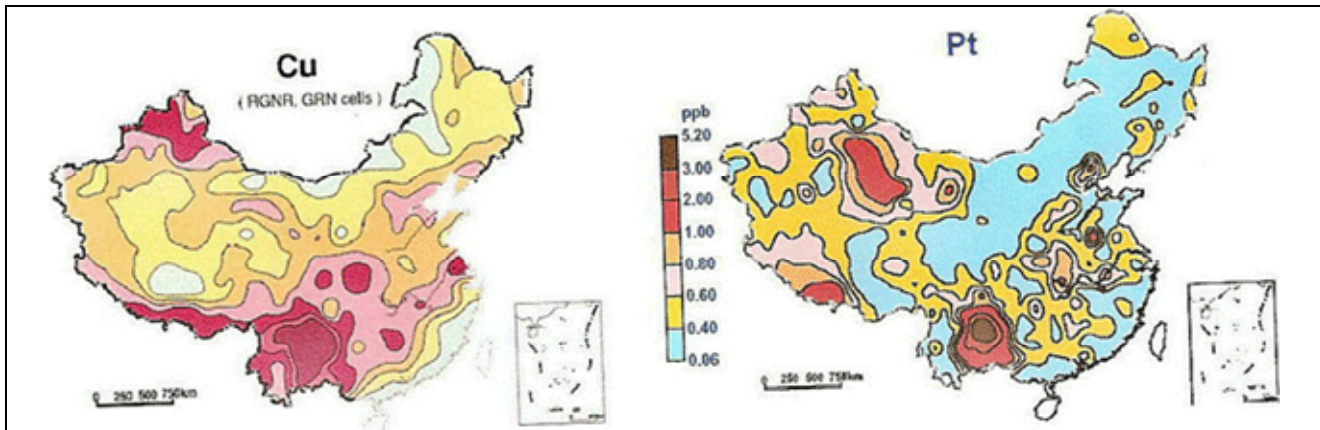
Como coadjuvante do mapeamento geológico regional, a geoquímica contribui para auxiliar na identificação de ambientes metalogenéticos, sobretudo em áreas com grandes coberturas sedimentares recentes ou com solos espessos e zonas com poucos afloramentos rochosos e coberturas vegetais densas.

Todavia, em áreas de dimensões continentais, há que se utilizarem outros parâmetros que não os usuais na prospecção mineral ou no mapeamento geológico em escalas iguais ou maiores do que 1:250.000. É preciso, nesses casos, que se colem amostras em grandes bacias hidrográficas ou com grandes espaçamentos, mas que tenham representatividade e confiabilidade para a região.

É aí que entra o denominado “mapeamento geoquímico de baixa densidade”, baseado na coleta de amostras de sedimentos fluviais ou solos, realizados em escala regional similar à cartografia geológica de síntese, menor do que 1:250.000 e com malha menor do que 1 amostra/300 km<sup>2</sup> (Lins e Licht, 2007). Nesse tipo de levantamento são utilizadas amostras de sedimentos de corrente ativo, sedimentos de planícies aluviais, sedimentos de fundos de lagos, plataforma submarina, área de manguezais, água, regolito e solos, e até mesmo vegetais.

Em 1988, o Programa Internacional de Correlação Geológica (IGCP) estabeleceu o Projeto 259 “Mapeamento Geoquímico Internacional”, com o objetivo de realizar uma revisão de métodos usados à época em levantamentos de pequena escala e grandes áreas geográficas e desenvolver recomendações para a produção de bases de dados geoquímicas em escala global (Reimann e Smith, 2008). Nessas duas últimas décadas, o método tem sido aprimorado em todas as suas etapas de coleta, análises e interpretação de dados, e, hoje, os métodos analíticos usados na prospecção geoquímica, com seus limites cada vez mais baixos de detecção (ICP-AES, ICP-MS etc) para a grande maioria de elementos químicos, tem contribuído para o crescente uso do levantamento geoquímico de baixa densidade na pesquisa mineral de grandes áreas, com relativamente baixo custo. Entre os exemplos de sucesso estão os trabalhos desse tipo executados na China e no Canadá, com base no *Global Reference Network (GRN)*, que cobre a superfície da Terra com cerca de 5.000 células de 160x160 km (área de 25.600 km<sup>2</sup>). Entre os requisitos para esse tipo de trabalho estão o de “dados analíticos para todos os elementos com significado ambiental ou econômico” e “os menores limites analíticos possíveis para todos os elementos” (Reeder, 2006). Estudos desse tipo estão sendo levados no México, Coréia do Sul, África do Sul, Colômbia, Chipre e outros.

As figuras a seguir ilustram exemplos de detecção geoquímica para cobre e platina utilizados no Programa Nacional de Geoquímica da China.



Fonte, Geological Survey of China, 2009

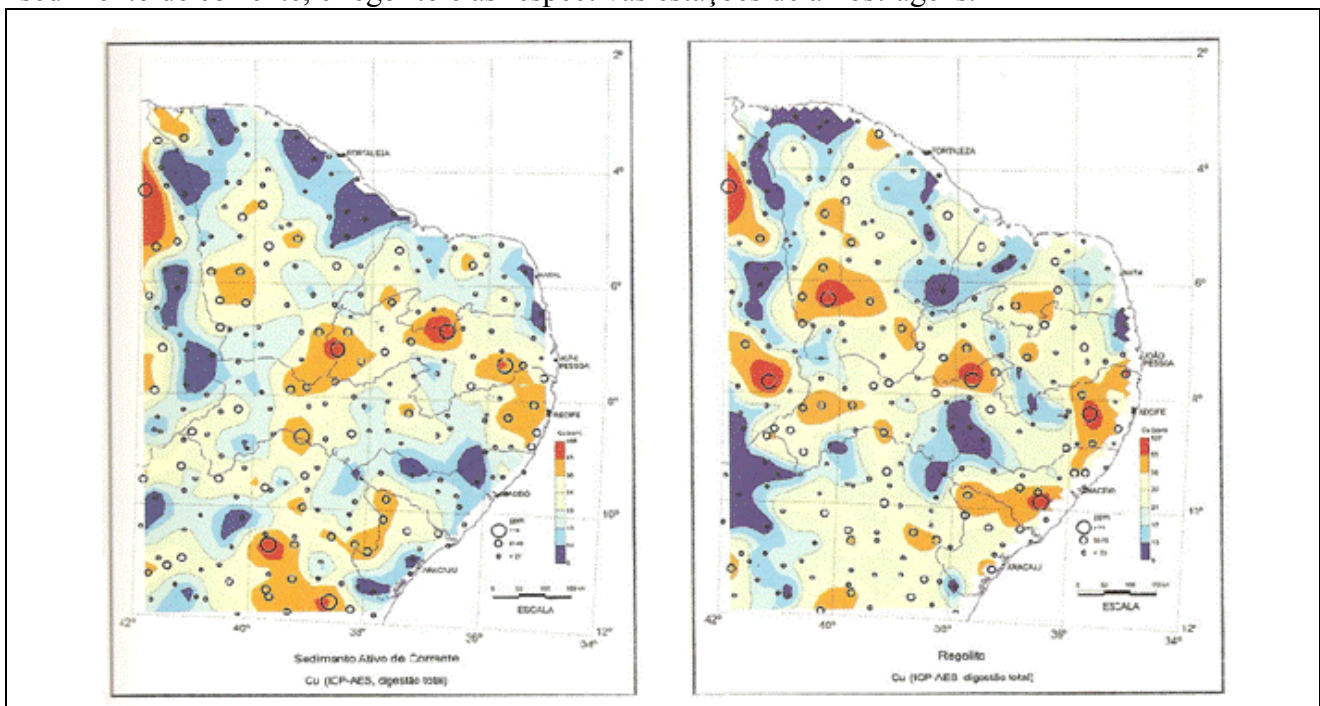
**Figura 5: Detecção geoquímica para Cu e Pt no PNG da China**

No Brasil foram realizadas duas experiências a partir de 1995, com o objetivo de testar a metodologia proposta pelo Projeto IGCP 259, em dois ambientes diversos: um no semi-árido nordestino e outro no Paraná (Lins e Licht, op.cit).

No Nordeste, a CPRM executou o levantamento geoquímico de baixa densidade em área de 625.000 km<sup>2</sup>, no período de 1995-2000, abrangendo os Estados de Alagoas, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Sergipe, e partes da Bahia e Piauí. Foram coletadas 240 amostras de sedimentos ativos de corrente, em drenagens com área de captação entre 20 e 100 km<sup>2</sup> (1 amostra/2.600 km<sup>2</sup>); 119 amostras de sedimentos de planícies de inundação, com bacias de captação entre 1.000 e 6.000 km<sup>2</sup> (1 amostra/5.250 km<sup>2</sup>) e a mesma quantidade de regolitos (solos) que dos sedimentos de corrente, com densidade igual a desses.

Concluiu-se nesse trabalho que os sedimentos das planícies de inundação são mais adequados para mapeamentos em escalas menores que 1:250.000, enquanto os de corrente são melhores para escalas de mapeamento maiores.

As Figuras 6 a seguir, extraída de Lins e Licht, op cit, ilustra a distribuição de cobre em sedimento de corrente, e regolito e as respectivas estações de amostragens.

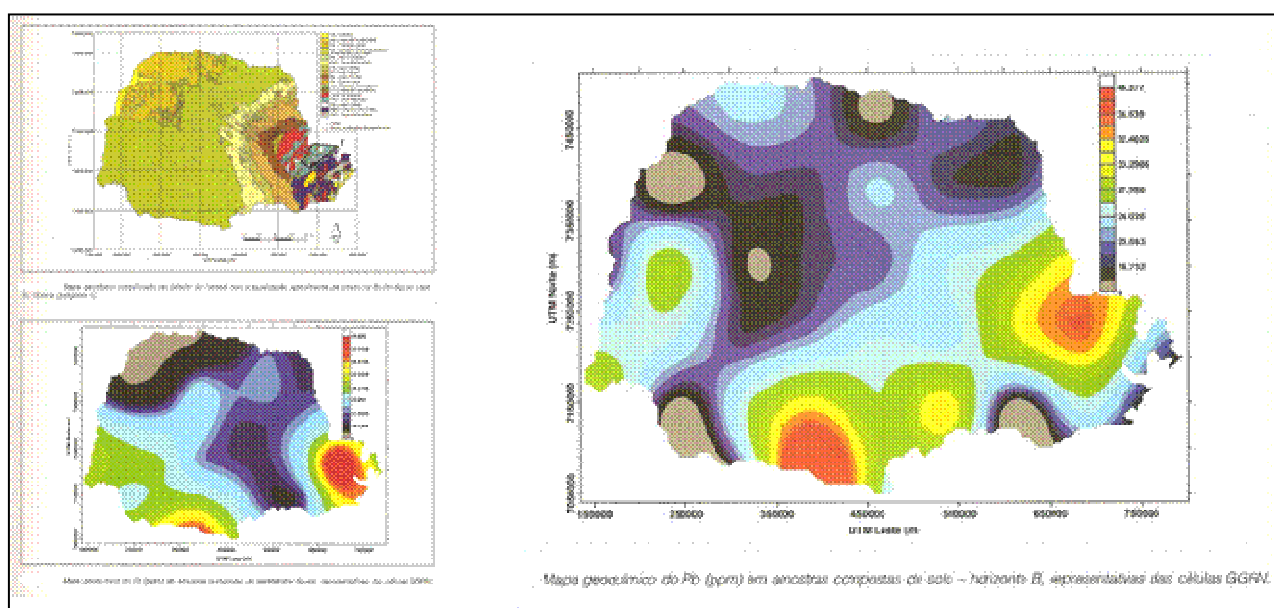


Fonte: Lins e Licht, 2001

**Figura 6: Distribuição de Cu em sedimentos de corrente e regolito no Estado do Paraná**

No Estado do Paraná o levantamento geoquímico de baixa densidade iniciou-se em 1996, com coleta de 696 amostras, de água e sedimentos ativos de corrente de bacias hidrográficas com área média de 225 km<sup>2</sup>, analisadas, respectivamente para 32 cátions, ânions e parâmetros físico-químicos fluviais (Licht et al., 2001, apud Lins e Licht, op. cit), e 13 elementos nos sedimentos de corrente. Posteriormente, foram coletadas mais 696 amostras de sedimentos fluviais, analisadas para 69 elementos ou óxidos, e, em seguida 307 amostras de solos em malha regular de 25 km<sup>2</sup>. Os resultados desse trabalho permitiram a delimitação de compartimentos geoquímicos (muitos dos quais coincidentes com os limites geológicos) e um melhor conhecimento da distribuição dos elementos de interesse econômico e **a indicação de novas áreas potenciais para concentração mineral.**

A Figura 7, extraída de Lins e Licht, op. cit, ilustra o mapa geoquímico de Pb obtido a partir de amostras compostas de sedimentos de corrente e de solos, (horizonte B), respectivamente.



Fonte: Lins e Licht, 2001

**Figura 7: Distribuição de Pb em sedimentos de corrente e solos no Estado do Paraná**

Esses e outros exemplos constantes da literatura demonstram que, apesar de algumas críticas ao processo, os levantamentos geoquímicos de baixa intensidade podem sim ser importantes na indicação de zonas anômalas ou províncias com vocação para exploração mineral.

#### 2.2.1.8. As parcerias da CPRM nos levantamentos geológicos e outros bancos de dados

No intuito de acelerar o conhecimento do território brasileiro, a CPRM – Serviço Geológico do Brasil passou, a partir de 2004, a realizar trabalhos em parceria com Universidades e Governos Estaduais. Em vários desses projetos têm sido coletadas amostras geoquímicas para detalhamento ou reavaliação de áreas conhecidamente mineralizadas.

Entre as Universidades parceiras destacam-se as Federais do Rio Janeiro, Minas Gerais, Bahia, Rio Grande do Sul, Ouro Preto, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Pará, Ceará e Mato Grosso, além da UnB, UNESP, UERJ.

Entre os convênios com governos estaduais, merecem destaque o Mato Grosso (Província Aurífera Juruena - Teles Pires), Bahia (Província de Marra-Oliveira dos Brejinhos), Minas Gerais (Quadrilátero Ferrífero e Entorno).

Os elementos coligidos nessas parcerias estão sendo registradas no GEOBANK, fortalecendo-o sobremaneira.

Além dos registros geoquímicos oriundos de trabalhos próprios das Universidades (professores e alunos de graduação e pós-graduação) no presente e no passado (e dificilmente acessíveis para a sociedade), algumas instituições governamentais ainda mantêm operando seus bancos de dados, alguns da produtiva década de 70, quando se encontravam ativas as empresas de mineração estaduais, das quais poucas sobreviveram, como a Mineropar, no Paraná, e a CBPM – Cia. Baiana de Pesquisas Minerais, na Bahia. Infelizmente, importantes dados da Metago-Metais de Goiás e Metamat - Metais do Mato Grosso, entre outras, foram praticamente perdidos ou não estão sendo aproveitados adequadamente.

### 3. A Geoquímica em Países Selecionados

#### 3.1. África do Sul

O *Council for Geoscience* – CGS é um dos Conselhos Nacionais de Ciência da África do Sul e sucedâneo legal do *Geological Survey of South Africa*, criado em 1912, e hoje trabalha “sob três mandatos”, segundo seu regimento:

- O Ato da Geociência, cujo objetivo é desenvolver e disseminar o conhecimento e produtos geocientíficos de classe mundial e oferecer serviços relacionados às geociências para o público e a indústria sulafricana;
- O Sistema Nacional de Inovação, através do qual o Departamento de Ciência e Tecnologia exerce um papel de integração na regulamentação da ciência e tecnologia através de todas as organizações de pesquisa do País;
- A preparação de informações para o Presidente da República e outras autoridades, incluindo as propostas de orçamentos para os Ministérios de Minerais e Energia e de Ciência e Tecnologia.

Seu sistema de informações compreende: a) publicações (relatórios anuais, livros, memórias, boletins, série sismológica, notas explicativas de mapas, bibliografia e index da geologia da África do Sul, publicações da Comissão de Estratigrafia da África do Sul, séries populares de geociências); b) relatórios e documentos em *open file*; c) coleção de testemunhos de sondagens para prospecção mineral; d) banco de dados bibliográficos e) biblioteca; f) mapoteca; g) e o GEODE, um conjunto de subsistemas operados como um único banco de dados referenciado espacialmente. Ele opera paralelamente ao sistema que é o sistema do CGS que foi desenvolvido usando-se o programa GIS. Aparentemente, à semelhança do que aconteceu com o SIGA e o GEOBANK brasileiros.

O GEODE abrange o SAMINDABA (dados de minas, depósitos e ocorrências minerais no território sulafricano), COREDATA (sondagens para prospecção mineral), COALDATA (dados de sondagens para carvão mineral com respectivas análises químicas), ENGGODE (dados de geologia de engenharia), SACS (litoestratigrafia, cronoestratigrafia e bioestratigrafia), SAGEOLIT (bibliografia), FARMS (informações sobre as fazendas sulafricanas), Turfas; Paleontologia; e o próprio GEODE/GIS.

A África do Sul oferece Mapas Geoquímicos, Metalogenéticos e de Depósitos Minerais e um interessante banco de dados geoquímicos de furos de sondagens realizados em todo o País, especialmente nas suas porções centro-noroeste, sudeste e nordeste.

O Programa de Mapas Geoquímicos Regionais oferece mapas na escala de 1:1.000.000 para cada folha em 1:250.000, compreendendo um breve sumário da preparação de amostras e das técnicas analíticas utilizadas, uma breve descrição geológica, breve descrição geoquímica, estatísticas para cada elemento para cada folha 1:250.000, mapa geológico em 1:1.000.000 com legenda, mapa com as ocorrências minerais conhecidas, mapas imagem geoquímicos de 23

elementos, incluindo As, Ba, Co, Cr, Cu, Fe<sub>203</sub>, MnO, Nb, Ni, Pb, Rb, Sb, Se, Sn, TiO<sub>2</sub>, Th, U, V, W, Y, Zn e Zr, *overlaies* com contatos geológicos, estradas, cidades para cada folha, e *status* do mapa do Programa de Geoquímica Regional no momento de sua publicação.

De acordo com informações do *Council of Sciences of S.A.* nos meses de inverno, a amostragem geoquímica é feita com helicóptero, como o meio mais importante de transportar a coleção de amostras. Até 2007 haviam sido coletadas 360.000 amostras, com uma densidade de amostragem de 1 /km<sup>2</sup>, por equipes de 9 a 13 pessoas. Com uma média de 350 amostras por dia em várias ocasiões, e a cada ano, o custo da amostragem tem sido reduzido.

Além da amostragem regional é feito *follow-up* com veículos terrestres ou a pé, com malhas de 20x20 até 1.000 x 1.000 m<sup>2</sup>.

### 3.2. Argentina

O *Servicio Geológico Minero Argentino – SEGEMAR* é o órgão nacional do país ligado à *Secretaria de Minería de La Nación*, no âmbito do *Ministério de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios*, e tem 103 anos de idade.

Está integrado por duas unidades especializadas: o *Instituto de Geología y Recursos Minerales (IGRM)*, responsável pelo reconhecimento e caracterização dos recursos naturais não renováveis, pelo mapeamento geológico e pela produção de mapas geológicos e temáticos do País, e pelo *Instituto de Tecnología Minera (INTEMIN)*, encarregado do processo tecnológico para o setor mineiro, contribuindo para o seu desenvolvimento através da seleção, adaptação, geração e difusão do conhecimento científico e tecnológico aplicado.

O SEGEMAR mantém o Programa da Carta Geoquímica da República da Argentina, sob a *Dirección de Recursos Geológico-Mineros*, que se encarrega de digitalizar, sistematizar e publicar os dados produzidos pelos estudos regionais de exploração e prospecção geoquímica executados desde a década de 60 até a de 80, inclusive. Novas informações geoquímicas têm sido geradas com base multielementar, com propósitos diversos, incluindo evidências ou indícios que auxiliem no descobrimento de depósitos minerais e na identificação da disponibilidade potencial – excessos e deficiências - de elementos químicos no meio ambiente.

A informação de cada folha geoquímica é publicada na *Série Contribuciones Técnicas Del SEGEMAR* em duas versões na escala 1:250.000: dados de compilação e novos dados multielementos gerados a partir de amostras de sedimentos de corrente recentes e de arquivo. A informação é disponibilizada em papel e formato digital, e inclui um mosaico de imagens de satélites com os locais de amostragem, mapas temáticos com a distribuição geográfica de 49 elementos químicos e planilhas com os dados analíticos originais.

Até dezembro de 2007, segundo as informações da página eletrônica do SEGEMAR, haviam sido publicadas 40 Cartas Geoquímicas Multielemento e oito estavam em execução. Outras 46 Cartas Geoquímicas para Cu-Pb-Zn se achavam publicadas e seis estavam em execução.

### 3.3. Austrália

O *Australian Geological Survey Organization – AGSO* é o órgão do País responsável pela produção e disseminação do conhecimento geológico e mineiro do País.

Seu Projeto Nacional de Mapas Geológicos compila informações geológicas de toda a Austrália, com apoio especial dos Serviços Geológicos do Estado e do Território do Norte (*Northern Territory*), incluindo ainda as zonas marinhas e o “Território Antártico da Austrália”.

Esse projeto compreende três componentes principais:

- A base de dados das Unidades Estratigráficas da Austrália (nomes, atributos descritivos e fontes de referência de todas as unidades usadas no País, e seu histórico);
- A geologia de superfície da Austrália (compilada em escala de 1:1.000.000, principalmente a partir de escalas 1:250.000);
- A base de dados das Províncias Geológicas da Austrália (limites e descrições de rochas relacionadas no espaço e no tempo, através de uma história geológica comum).

Uma base *web* de mapeamento chamada *ProvExplorer* é uma ferramenta que permite pesquisas interativas das províncias, e apresenta os resultados em relatórios, mapas e *links* para outras bases de dados. Os dados das províncias podem ser integrados com outras bases de dados, como as de geofísica, depósitos minerais e poços de petróleo via *online* e podem ser acessados no *National Datasets Online GIS* ou através de *download* gratuito da página do *Geoscience Australia*.

Os levantamentos geoquímicos são parte integral da estratégia da maioria das empresas de mineração no país. Alguns Estados também realizam esses levantamentos em grandes áreas, mas a maior parte deles foi executada pelas empresas dentro de seus próprios objetivos.

O Programa do Serviço Nacional de Geoquímica da Austrália (*National Geochemical Survey of Australia - NGSA*) foi estabelecido em 2006 sob o *Australian Government's Onshore Energy Security Initiative* e faz parte de um Plano de cinco anos, com investimentos aproximados US\$ 4 milhões.

O objetivo principal desse Serviço é fornecer dados e conhecimento para apoiar a exploração de recursos energéticos do País, especialmente urânio e tório em escala nacional.

O Programa tem por base uma série de projetos - piloto de geoquímica realizados recentemente pela *Geoscience Australia* e o *Cooperative Research Center for Environment and Mineral Exploitation (CRCLEME)* para testar os protocolos de métodos e custos para coleta, preparação e análise de amostras.

O projeto foi iniciado porque não havia uma cobertura completa de geoquímica do território australiano e porque esse parâmetro é fundamental para a exploração com sucesso dos bens energéticos e outros minerais.

Cerca de 60% da Austrália carece de qualquer informação geoquímica, segundo os registros de seu banco de dados OZCHEM, e onde existem tais dados eles em geral não são comparáveis entre si em função de:

- Amostragem de material inconsistente (rochas de vários tipos e graus de alteração, mineralização e intemperismo, por exemplo);
- Métodos inconsistentes de preparação de amostras (análise total versus digestões parciais com materiais químicos fracos)
- Grandes diferenças em instrumentação usada levando a limites de detecção variáveis;
- Ausência de metadados na qualidade dos dados (por exemplo, a calibração de instrumentos, precisão, descrição do tipo de amostra etc);
- Conjuntos variáveis de elementos analisados (às vezes somente Au ; outras Au mais Cu).

Dessa forma, o projeto tem como objetivos principais:

- Coletar amostras de regolito transportado nas saídas de grandes bacias de captação cobrindo mais de 90% da Austrália, usando uma baixíssima densidade;
- Preparar e analisar as amostras para extrair a quantidade máxima de informação geoquímica (60 ou mais elementos) utilizando técnicas consistentes e modernas;

- Alimentar a base de dados nacional de geoquímica com os novos dados;
- Compilar um atlas de mapas geoquímicos para uso da indústria mineira na identificação de áreas de interesse em termos de recursos energéticos e outros bens minerais, para que elas se tornem o foco de trabalhos de detalhes.

A amostragem, testada previamente, abrange uma malha de 1 amostra/1.000km<sup>2</sup> até 1/10.000 km<sup>2</sup>. A média de amostragem de sedimentos em planícies de inundação é feita em duas profundidades: 0-10 cm abaixo da superfície e a cada 10 cm no intervalo de 60-90 cm.

Essa amostragem compreende 1.390 pontos cobrindo 91% (cerca de sete milhões de km<sup>2</sup>) em todo o território australiano, com uma média de uma amostra/5.500 km<sup>2</sup>.

Um manual detalhado ainda mostra o tipo de preparação e análise de amostras, o controle de qualidade exigido e outros parâmetros.

Segundo informações recebidas diretamente da *Geoscience Australia*, o país tem menos de 40% de seu território coberto com amostragem geoquímica de solos e rochas, a densidades variáveis entre 1/10 e 1/1.000 km<sup>2</sup>.

### 3.4. Canadá

O *Geological Survey of Canada* – GSC é um dos mais antigos e respeitados Serviços Geológicos do mundo e opera sob o *Earth Sciences Sector* do *Natural Resources Canada*, fornecendo interpretação, manutenção e distribuição de mapas, informações, tecnologia, padrões e especialistas no território emerso e *offshore* nos campos da geociência, geodésia, mapeamento, topografia e sensoriamento remoto.

O GSC mantém um sistema de informações admirável, moderno e constantemente atualizado, voltado com ênfase para sua indústria mineral, mas cada vez mais, também, com a preocupação ambiental e saúde da população (geologia médica).

Pelas suas condições climáticas, os métodos indiretos de prospecção são bastante evoluídos e servem de modelos aplicados em outros países, inclusive o Brasil. Entre eles o sensoriamento por imagens, a geofísica (aérea e terrestre) e os levantamentos geoquímicos.

O Programa Nacional de Reconhecimento Geoquímico do Canadá (*Canada's National Geochemical Reconnaissance Program* - NGR) começou em 1975, e abrange amostragem de sedimentos de corrente e água em lagos nas Províncias de Saskatchewan e Manitoba. As áreas estudadas foram crescendo durante os anos e hoje os dados disponíveis cobrem mais de 83.000 lagos e 78.000 rios em uma área correspondente a 1/5 do território canadense, segundo informações constantes da página eletrônica do NGR – *Geochemical data*.

No início do programa, as análises eram feitas por absorção atômica, espectrofotometria e colorimetria para 12 a 13 elementos em sedimentos, ao lado de U, pH e F em águas.

Atualmente, os *open files* contém dados de 50 ou mais variáveis em sedimentos e águas a partir de uma combinação de ICP-MS, ICP-ES, cromatografia de íon específico, INAA e métodos específicos.

Inicialmente, os relatórios eram usados pelas empresas de mineração para a prospecção de urânio e metais básicos, mas à medida que as técnicas analíticas foram ficando mais evoluídas, foram sendo colocados à disposição dados para ouro e outros metais preciosos, terras raras e, mais recentemente, diamantes.



A amostragem de baixa densidade de sedimentos de corrente existe em muitas partes do Canadá, assim como a de sedimentos de lagos. A amostragem de águas tem aumentado de importância graças ao aumento da sensibilidade das técnicas analíticas, especialmente do ICP-MS.

O Programa mantém um controle de qualidade de amostragem e análises bastante rígido e os dados são arquivados em bancos de uma amostra por local de amostragem, com campos para número da amostra, coordenadas geográficas, observações de campo e dados analíticos. A metodologia usada abrange:

- Densidade de amostragem de 1 amostra/13 km<sup>2</sup> ou mais em áreas de 1.000 km<sup>2</sup> ou maiores;
- Amostragem de sedimentos de corrente em áreas de relevo moderado ou montanhoso;
- Amostragem de sedimentos de lagos em regiões de relevo moderado a baixo;
- Resultados divulgados em *open files* um ano depois de iniciados os trabalhos de geoquímica.

Manuais especiais orientam as amostragens por tipos de material de análises recomendadas.

### 3.5. Chile

O *Servicio Nacional de Geología y Minería – SERNAGEOMIN* é a instituição oficial do Chile encarregada de oferecer produtos e serviços nas áreas de geologia e mineração para os organismos do governo, companhias privadas, indivíduos e outras entidades interessadas.

Entre outros produtos, o SERNAGEOMIN fornece os seguintes:

- Informações sobre a geologia do território chileno continental, insular e fundos oceânicos, incluindo os ambientes e locais contendo depósitos minerais e energéticos, áreas de riscos geológicos como o estado de atividade dos vulcões, avaliação dos recursos hidrogeológicos, recomendando seu uso e avaliando sua vulnerabilidade. As informações são também digitais e estão disponíveis no Sistema de Informação Nacional - SIGEO;
- Cadastro e estatísticas mineiras;
- Arquivos geológicos nacionais e mineiros, mantendo atualizadas as compilações de geologia e mineração do país;
- Inspeção de segurança nas minas e monitoramento ambiental;
- Assistência técnica às concessões mineiras, geotermiais e de caráter geológico;
- Cursos e seminários para trabalhadores e estudantes de geologia;
- Serviços de laboratório geológico e ambiental a todo tipo de interessados.

A principal atividade na área de geologia do SERNAGEOMIN está na elaboração da Carta Geológica do Chile, Série Geologia Básica, combinando as disciplinas de geologia regional, geologia estrutural, petrologia, **geoquímica**, e bioestratigrafia, consistindo no levantamento geológico nas escalas de 1:100.000 e 1:50.000 nas regiões central e norte, segundo a complexidade geológica da área em estudo, seguidos da publicação de sínteses em escalas de 1:250.000 e 1:1.000.000 (Mapa geológico do Chile). Na região sul do país, a escala dos levantamentos é de 1:250.000.

### 3.6. China

Na China, o Instituto de Exploração Geofísica e Geoquímica realiza o Projeto Nacional de Reconhecimento Geoquímico do País (RGNR) desde 1979. Entre 1978 e 1982, vários projetos cooperativos foram realizados para a preparação e distribuição de amostras padrão de referência e para o desenvolvimento de técnicas de amostragem, metodologia analítica multi-elementos e

procedimento de monitoramento de qualidade dos dados. Grandes projetos - piloto foram iniciados também em diversas províncias. Depois de cinco anos de preparação técnica, o Projeto começou intensivamente e mais de cinco milhões de km<sup>2</sup> da China territorial estavam cobertos com esse trabalho até 1997 (Xuejing et al, 1997).

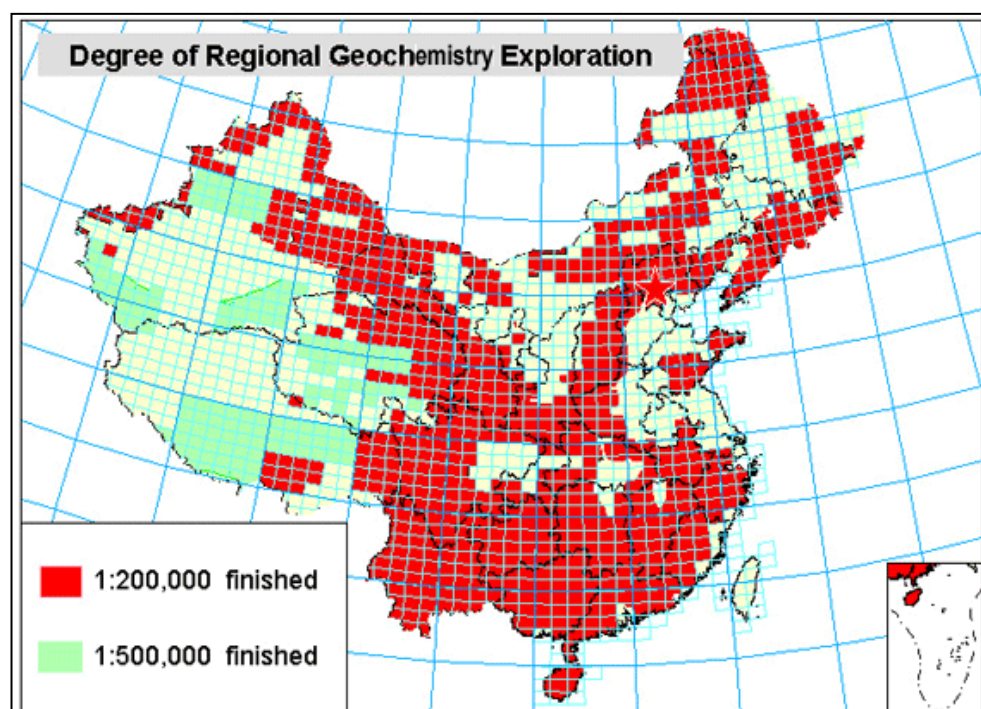
O objetivo do RGNR era a amostragem sistemática dos vários tipos de materiais superficiais, analisá-los para 39 elementos, utilizando sistemas de análises multielementares e apresentar mapas geoquímicos em diferentes escalas com a variação espacial de vários elementos.

O projeto era orientado para a exploração mineral originalmente, mas o grande volume de material coletado pôde ser direcionado também para as questões ambientais e solucionar casos rapidamente e com baixo custo. Uma extensão dele compreende o levantamento sistemático de grandes planícies aluvionares totalizando mais de um milhão de km<sup>2</sup> e o mapeamento detalhado de distritos urbanos (Xueling e Tianxing, 1993).

No período de 1993-1995 foi dado início a um outro projeto nacional de geoquímica, sob a denominação de “Rede Ambiental de Monitoramento Geoquímico e Mapas Geoquímicos Dinâmicos da China”, como um trabalho piloto para se determinar a escala média adequada para aplicação no mapeamento geoquímico global.

Mais de 66% das novas descobertas de mineralizações econômicas feitas pelo Bureau do Serviço Geológico Chinês até o final da década de 90 haviam sido atribuídas ao projeto RGNR, que, além do mais, contribuiu para o estabelecimento de padrões de coletas, densidades e análises laboratoriais em levantamentos de pequenas escalas, de caráter continental.

A Figura 8, extraída da página eletrônica do Instituto de Geofísica e Geoquímica da China mostra a situação de cobertura do território chinês com levantamentos geoquímicos.



Fonte: *Institute of Geophysics and Geochemistry of China, 2009*

**Figura 8: Grau de Cobertura com Levantamentos Geoquímicos Regionais na China**

### 3.7. EUA

Criado em 1879, o *United States Geological Survey* constitui-se, ao lado de seus congêneres inglês e canadense, uma das instituições nacionais de geologia mais antigas do mundo, sendo hoje a

única instituição da ciência subordinada ao *Department of the Interior* do País, com um extenso acervo de dados geológicos e biológicos.

Com sede em Reston, VA, e vários escritórios espalhados no território americano, o USGS abrange cinco grandes disciplinas científicas: biologia, geografia, geologia, geomática e água.

Hoje, o Programa mais importante em realização pelo USGS é *National Cooperative Geologic Mapping Program*, “cujo componente FEDMAP dentro do USGS, criado como resposta ao *National Geologic Mapping Act* de 1992, tem por objetivos a produção de mapas geológicos digitais de multi-uso de alta qualidade, redes regionais de geologia e outros modelos geológicos que podem ser usados para a ocupação racional da terra, através da indicação de áreas de risco (deslizamentos, terremotos, vulcões, inundações, carstes, emissões de radônio), recursos (água, minérios, energia, agregados), Terras Federais (Parques Nacionais, Áreas de Conservação), exossistemas e mudanças climáticas”.

O NCGMP representa há mais de uma década a cooperação de sucesso entre o Governo Federal (FEDMAP), Estaduais (STATEMAP) e Universidades (EDMAP) na produção e divulgação de mapas geológicos digitais.

O *National Geologic Map Database - NGMDB* é a fonte original para a informação sobre mapas geológicos dos EUA e está organizado em três grandes partes para obtenção de dados:

- Catálogo de Mapas Geocientíficos, que permite acesso aos mapas geológicos e outras informações relacionadas aos FEDMP, STATEMAP e EDMAP, e *links* para outras organizações e informações sobre geologia geral, desastres naturais, recursos minerais e hídricos, geofísica, **geoquímica**, geocronologia, estratigrafia, paleontologia e geologia marinha;
- Nomenclatura Geológica, incluindo o léxico de unidades litológicas e geocronológicas usadas nos mapas geológicos e relatórios científicos;
- Novos Levantamentos, com informações sobre os novos mapeamentos em realização no País.

O USGS, em colaboração com outras agências federais, estaduais, indústria e a academia, está conduzindo o *National Geochemistry Survey – NGS*, com o objetivo de produzir um conjunto de dados geoquímicos para os Estados Unidos da América, baseado inicialmente em sedimentos de corrente analisados por um grupo consistente de métodos. Segundo o *Geological Survey Open File Report 2004-1001*, esses dados irão compor uma cobertura geoquímica completa em escala nacional e possibilitarão a elaboração de mapas geoquímicos, o refinamento das estimativas de concentrações dos elementos químicos na média amostrada, e o fornecimento de um contexto para uma grande variedade de estudos geocientíficos e ambientais.

Nesse sentido, o NGS pretende analisar um mínimo de uma amostra de sedimentos de corrente a cada 289 km<sup>2</sup> de área através de um único conjunto de métodos analíticos em todo o país.

O NGS incorpora dados geoquímicos de uma grande variedade de fontes, incluindo análises já existentes nas bases de dados do USGS, reanálises de amostras dos arquivos, e análises de amostras coletadas recentemente.

A página eletrônica do NGS registra que, no momento, estão registradas informações de 71% do território americano, com amostras dos 50 Estados da Federação.

O Sistema de Informações do NGS registra uma facilidade extra para a pesquisa dos interessados através do chamado “Perguntas mais freqüentes”, que inclui as seguintes:

- ✓ O que esse conjunto de dados descreve?
  - como deveria ser esse conjunto citado?
  - que área geográfica é coberta?
  - como ele aparece?
  - o conjunto descreve as condições em um dado período de tempo?
  - qual o formato geral desse conjunto de dados?
  - como esse conjunto de dados representa feições geográficas?
  - como o conjunto descreve as feições geográficas?
- ✓ Quem produziu esse conjunto de dados?
  - quem são os produtores originais dos dados?
  - quem também contribuiu com eles?
  - a quem o usuário dos dados deve enviar questões?
- ✓ Como foi o conjunto de dados criado?
  - De que trabalhos prévios foram os dados tirados?
  - Como foram os dados gerados, processados e modificados?
  - Que dados similares ou relacionados o usuário deveria procurar?
- ✓ Quão confiáveis são os dados; que problemas restam no conjunto de dados?
  - Como foram os dados confirmados?
  - Quão precisas são as localizações geográficas?
  - Quão precisos são os dados de altitude e profundidade?
  - Onde estão as falhas nos dados? O que está faltando?
  - Quão consistentes são as relações entre os dados, incluindo a topologia?
- ✓ Como se pode obter uma cópia do conjunto de dados?
  - Há alguma restrição legal para acessar ou usar os dados?
  - Quem distribui os dados?
  - Que número do catálogo eu necessito para solicitar os dados?
  - Que alertas legais eu devo ler?
  - Como posso fazer o *download* ou solicitar os dados?
- ✓ Quem escreveu os metadados?

Para cada uma das perguntas acima são fornecidas respostas adequadas para a pesquisa dos dados, mas quaisquer outras perguntas podem ser feitas.

Os dados do banco do NGS podem ser vistos em tela (em janela *web browser* ou em qualquer GIS usando o *OGC WMS*) e podem ser baixados no computador por uma ou mais áreas geográficas ou pelo conjunto total de dados.

A Figura 5, retirada do *USGS NGS database* (<http://mrdata.usgs.gov/geochemistry/ngs.html>), ilustra a cobertura do projeto.



Fonte: *U.S. Geological Survey*, 2009

**Figura 9: Grau de Cobertura dos Levantamentos Geoquímicos nos EEUU**

### 3.8. Índia

O *Geological Survey of India* foi criado oficialmente em 1856, mas somente depois da independência do País da Inglaterra é que o SGI passou a ter uma enorme influência na localização de recursos minerais. Em 1951 foi lançado o primeiro Plano Quinquenal de Geologia do Serviço Geológico, com a utilização intensiva de fotografias aéreas nos levantamentos geológicos e exploração mineral, a introdução da prospecção geoquímica voltada para recursos minerais, a geofísica, e as disponibilidades de sondagens e análises químicas. “Durante os anos 60, o GSI teve um papel quase monopolístico no campo da exploração mineral no País”.

Segundo a página eletrônica do *Geological Survey of India*, até 2007 haviam sido:

- Cobertos 98,3 % da área do País com mapas em escala de 1:50.000;
- Reconhecidos cerca de 97% da Zona Econômica Exclusiva (2,02 milhões de km<sup>2</sup>) da área oceânica adjacente;
- Voados 2,07 milhões de km<sup>2</sup> do País com geofísica;
- Cobertos mais de 92.500 km<sup>2</sup> de áreas críticas com estudos geológicos e mapas temáticos na escala de 1:25.000;
- Realizado mapeamento geológico de mais de 19.000 km<sup>2</sup> no continente antártico;
- Atingido o papel de vanguarda na pesquisa em Petrologia, Geocronologia, Geofísica e Geoquímica;
- Publicados 240 mapas geológicos correspondentes a quadrículas e importantes mapas temáticos, incluindo o Mapa Geológico/ Mineral/ Tectônico/ Geotectônico da Índia em várias escalas, Mapas dos Sedimentos de Fundo Oceânico etc;
- Executados trabalhos geotectônicos em áreas de barragens;
- Elaborado o Mapa Aeromagnético da Índia Peninsular (2001);
- Realizados projetos de engenharia civil em associação com instituições da área.

Atualmente, entre outras atividades, o GSI prepara e atualiza os mapas geológicos, geofísicos e geoquímicos do País e de sua área oceânica adjacente.

O Serviço Geológico da Índia completou o mapeamento geológico de todo o País, segundo informações do *NGCM Core Group* 2006 e hoje está envolvido com as principais necessidades da nação nos domínios do meio ambiente, agricultura e saúde humana.

Inserido no documento “Visão 2020”, datado de 2001, o SGI ficou encarregado de promover o Mapeamento Geoquímico Sistemático da Índia, com o objetivo principal de criar uma base de dados do País através da análise de 68 elementos com modernos instrumentos capazes de medir o mais baixo nível de detecção. Os mapas produzidos irão beneficiar os ambientalistas, agricultores e autoridades sanitárias em seus planejamentos, mas também a mineração do País, se tomado como exemplo o caso da China, onde levantamentos geoquímicos de baixa densidade auxiliaram na localização de 158 novos depósitos minerais e mais de 700 novas ocorrências.

O principal método a ser usado no Programa é a amostragem de sedimentos de corrente em drenagens de primeira e segunda ordens, a cada 50 km em uma escala de 1:50.000 e uma densidade de cerca de uma amostra por km<sup>2</sup>, além de uma amostra composta a cada 4 células de 1 km<sup>2</sup> cada. Essas amostras, em número médio de 700 por folha, serão complementadas com amostras de solo (horizonte C) e, eventualmente, de água, húmus e material de planícies de inundação.

O Serviço Geológico da Índia está cobrindo, a cada ano, quase 25.000 km<sup>2</sup> com levantamento geoquímico, em nível nacional.

### 3.9 México

O *Serviço Geológico Mexicano* tem mais de cinquenta anos de atividades e é o responsável pela geração e disseminação da informação geocientífica no país.

A maior parte da informação histórica que possui está focada na exploração mineral, mas a partir de 1995 todos os esforços têm se concentrado na obtenção de uma infraestrutura geológica básica do território nacional, através de mapeamentos nas escalas de 1:250.000 e 1:50.000, com alguns trabalhos em 1:100.000.

O objetivo maior desse trabalho, segundo consta em sua página eletrônica, é “proporcionar aos diferentes usuários as variadas especialidades das Ciências da Terra e suas relações diretas com as áreas de investigação, prospecção, planejamento futuro para tomada de decisões, ordenamento do meio físico e exploração, reduzindo riscos e permitindo um melhor manejo e administração de todos os recursos envolvidos”.

Além da cartografia geológico-mineira, o SGM oferece, como quase todos os Serviços Geológicos do mundo, produtos de levantamentos geológicos de semidetalhe e de detalhe, interpretação fotogeológica, análise estrutural, sensoriamento remoto, aeromagnetometria, **geoquímica**, geologia ambiental, bases de dados, jazimentos minerais, metalogenia, petrografia e petrologia, estratigrafia e sedimentologia.

As cartas geoquímicas são produzidas dentro de padrões de alta qualidade e a densidade de amostragem está definida de acordo com as características topográficas e da hidrografia da região amostrada. Para escalas de 1:50.000, a quantidade máxima de amostras é de 210 (ou cerca de uma amostra a cada 5 km<sup>2</sup>), enquanto que para escalas de 1:250.000, a quantidade é de 660 amostras (ou 1/40 km<sup>2</sup>).

A amostragem básica é de sedimentos de corrente, coletados na época da seca, com monitoramento regular das zonas mineiras e urbanas contidas dentro da zona em estudo, para evitar-se distorção dos dados. Os elementos que são editados, em geral, são o ouro, a prata, o chumbo, o zinco e o cobre.

Todas as amostras são analisadas nos laboratórios do SGM para 64 elementos (à exceção do gálio, que é determinado em laboratório privado). O método de análise empregado é a espectrometria por emissão de plasma (ICP), exceto para o ouro (ensaio por fusão) e os elementos voláteis como o Sb, As, Te, Se, Sn, Bi (gerador de hidretos para determinação quantitativa).

Uma vez obtidas todas as informações de coleta, análises e cálculos estatísticos, estas são entregues à Gerência de Geomática do SGM, onde se digitalizam as coberturas adicionadas à topografia da carta, sendo então enviadas para o SIG – Sistema de Informações Geográficas para sua edição final, utilizando-se o Sistema Arc/Info.

Os resultados são mostrados, nas cartas geoquímicas editadas, em ppm, mas para o Au, o Te e o Se, em ppb. Dos 31 elementos mais significativos são editadas entre 10 e 16 cartas, uma para cada um deles, selecionando-se os elementos que são mais significativos para a região coberta com as amostragens.

Os produtos oferecidos vão desde mapas simples, impressos em papel normal ou semifotográfico, nas escalas de 1:50.000 ou 1:250.000 (um mapa por elemento), até tabelas de valores laboratoriais em CD de 3 ½” com ou sem coordenadas ou informação direta do Arc/Info.

Essas e outras informações são lançadas e regularmente atualizadas na Base de Dados do SGM denominada *GeoInfo*, que se encontra disponibilizado desde 2000, através de um “servidor capaz de gerar e extrair qualquer tema, mapa, tabela, estatísticas sobre o dado requerido”. Dentro em breve poder-se-á obter atenção personalizada, segundo o SGM, sobre essa Base nos escritórios regionais e se contará com comercialização eletrônica de produtos através da *internet*.

### **3.10. Peru**

O *Instituto Minero y Metalurgico – INGEMMET* tem uma ampla gama de funções, entre as quais:

- Realizar e fomentar a investigação dos recursos minerais, energéticos e hidrogeológicos do País, atualizar o inventário dos mesmos e promover o seu conhecimento e desenvolvimento;
- Investigar e efetuar estudos em geomorfologia e geologia ambiental no âmbito de sua competência, assim como estudos de avaliação e monitoramento dos riscos geológicos no território nacional e seus efeitos junto à comunidade e ao meio ambiente;
- Propor às instâncias pertinentes as políticas gerais em matéria de investigação científica e tecnológica nas diversas áreas das geociências e suas aplicações;
- Desenvolver, manter e atualizar a Carta Geológica Nacional e seus mapas temáticos em coordenação com outros organismos competentes;
- Identificar, estudar e monitorar os riscos associados a movimentos de massa, atividade vulcânica, inundações, tsunamis e outros;
- Integrar, salvaguardar, administrar, interpretar e difundir a informação geocientífica nacional, como órgão depositário oficial de toda informação geocientífica e mineira do país;
- Participar, como representante do Estado, de programas e projetos de cooperação internacional em temas geocientíficos;
- Constituir, administrar e manter a base de dados geocientífica do Peru, como ferramenta básica para os investimentos e o desenvolvimento nacional;
- Realizar e/ou participar de programas de reconhecimento, prospecção e monitoramento do terreno no seu âmbito de competência;
- Administrar o inventário de recursos não - renováveis do subsolo;
- Identificar e regular as zonas que, em razão da presença de patrimônio geológico, possam ser consideradas como áreas protegidas ou a se constituírem em Geoparques;

- Garantir a certificação das águas termais e medicinais de todo o território peruano;
- Receber, analisar e tramitar os pedidos de concessão mineira em nível nacional;
- Outorgar títulos de concessão mineira;
- Tramitar e resolver os recursos interpostos e denúncias relacionadas a concessões mineiras;
- Informar periodicamente à *Dirección General de Minería* sobre as infrações cometidas pelos peritos mineiros nomeados no exercício de suas funções;
- Administrar o cadastro mineiro, o pré-cadastro e o cadastro de Áreas Restritas para a atividade mineira
- Elaborar o Padrão Mineiro Nacional;
- Proporcionar aos governos regionais assessoria em matéria jurídico-administrativo-mineira;
- Assessorar o Ministério de Energia e Minas e outras entidades do Estado em assuntos de sua competência.

A lista acima é parcial, não englobando várias outras responsabilidades. De qualquer sorte, dá para ser percebido o grau de complexidade de suas funções, reunindo atribuições de um Serviço Geológico s.s. e de um Serviço de Mineração, a exemplo do que foi o DNPM, de certa forma, até 1994, quando a CPRM se tornou oficialmente o Serviço Geológico do Brasil.

O principal produto de geociências do INGEMMET é a Carta Geológica Nacional, conduzida em duas escalas básicas: 100.000 e 1:50.000. Cada mapa vem acompanhado de um Boletim Geológico. Todo o País está coberto com mapas geológicos na escala 1:100.000, os quais vêm sendo revisados, atualizados e digitalizados desde o ano 2000, estando disponíveis em meio digital no formato E00 do ArcGIS e em formatos Mapinfo e Autocad.

As informações são integradas ao Banco de Dados GEOPERU, estruturado com base na tecnologia GIS usado a *Geodatabase Corporativa* como fonte de dados espaciais, servidor de mapas, que permite consultas interativas sob o padrão ISSO/TC 211 (*Geographic Information/Geomatics*), em concordância com a Infraestrutura de Dados Espaciais do Peru - IDEP.

No GEOPERU estão atualmente reunidas as informações sobre: o Mapa Geológico, Projetos e Operações, Ocorrências Minerais, Riscos Geológicos, Inventário de Vulcões, Fontes Termais e Mapa Metalogenético. Não há registro específico sobre dados de Geoquímica, deixando na dúvida se esse é um parâmetro regularmente utilizado ou não nos trabalhos do INGEMMET.

### 3.11. Rússia

O *A.P.Karpinsky ALL-Russian Institute of Geological Research (VSEGEI) – Russian Academy of Sciences (RAS)* é subordinado ao Ministério de Recursos Naturais da Rússia é a mais importante instituição de estudos geológicos regionais e sua criação data de 1882, quando foi criado o Comitê do Serviço Geológico da Rússia. No entanto, outros órgãos federais e provinciais também realizam trabalhos de geologia, geofísica, geoquímica etc, a exemplo do Instituto de Geologia (*Institute of Geology, em Novosibirsk*, que possui, entre outros laboratórios, o de Prospecção Geoquímica e Geoquímica de Ouro) e o *United Institute of Geology, Geophysics and Mineraloge” SB RAS*, situado em Novosibirsk, que tem como principais campos de atuação as pesquisas em geodinâmica global e periodicidade global de processos geológicos, UHP de rochas metamórficas; tectônica e geodinâmica de faixas dobradas, análises de terrenos; petrologia do Manto e modelamento geoquímico; mineralização de ouro e geoquímica de ouro.

A Rússia elaborou, tal como outros países, o Programa “Mapeamento Geoquímico de Multiaplicação” (*Multipurpose Geochemical Mapping of Russia*) para ser conduzido no período de 1991 a 2005 com o objetivo de fornecer um conjunto de mapas nacionais de multiaplicação



relacionados aos tópicos “Mapa Geoquímico da Rússia” e “Geoecologia da Rússia”, em escalas de 1:1.000.000, 1:200.000 e 1:50.000. Esses mapas devem conter informações em litogeoquímica, exploração mineral, avaliação ambiental, agrogeoquímica e planejamento de ocupação de solo. O projeto foi conduzido em três grandes etapas (Koval et al, 1995).

- Compilação de mapas preparatórios revisados na escala de 1:5.000.000 de todo o País;
- Estágio orientativo denominado “Polígonos da Rússia”, visando ao desenvolvimento da metodologia para compilação dos mapas geoquímicos em três diferentes escalas;
- Levantamento geoquímico sistemático.

Em 1999, Burenkov et al publicaram um artigo no *Journal of Geochemical Exploration*, relatando que o Programa de Mapeamento Geoquímico de Multiuso em escala de 1:1.000.000 estava sendo conduzido em seis estágios:

- Estágio pré-levantamento: zoneamento multi-factorial do Território, geoquímica de paisagem, metalogenia e condições econômicas;
- Designação, em cada área, de células quasi-homogêneas (geralmente 1 cm<sup>2</sup> em cada folha);
- Amostragem dentro de células;
- Análises quantitativas dos dados;
- Plotagem sistemática e publicação de um conjunto de 9-12 mapas temáticos.

Esses mapas permitem o entendimento da natureza geoquímica das assembléias de rochas, o potencial mineral da área, a situação ecológica, a fertilidade do solo e o nível de poluição química do horizonte arável e as recomendações para o gerenciamento do meio ambiente.

#### 4. Conclusões

Como ciência, a geoquímica é relativamente antiga e experimentou grande evolução logo após a Segunda Guerra Mundial, quando novos métodos de amostragem e equipamentos passaram a ser empregados na prospecção e pesquisa minerais, tornando-se uma das ferramentas mais valiosas para o conhecimento geológico da superfície e subsuperfície terrestres e de seu potencial mineiro.

Nos últimos anos, a geoquímica tem exercido papel fundamental nas questões ambientais, tanto como instrumento corretivo, como preventivo, e esse papel será grandemente fortalecido, na medida em que a consciência ambiental se torna cada vez mais disseminada. Até mesmo no hoje constante tema das mudanças climáticas a geoquímica passou a ter grande importância, quer sob o ponto de vista de investigações paleoambientais, através de estudos de rochas e sedimentos, quer históricas (testemunhos de gelo, edificações antigas) e atuais (emissões de CO<sub>2</sub> e outros poluentes). Pode-se mesmo afirmar que a geoquímica está hoje presente, de uma ou outra forma, no cotidiano das pessoas.

Essa preocupação ambiental vem enriquecer a aplicação da geoquímica, que até pouco tempo atrás era praticamente restrita à prospecção e pesquisa minerais. Os grandes Serviços Geológicos mundiais já a utilizam com aquela finalidade e promovem Programas Nacionais de Geoquímica de médio e longo prazo, procurando juntar os dois objetivos. No futuro, isso poderá sair em benefício da própria atividade de mineração perante as pressões sociais de cunho ambiental.

Empregada em larga escala na década de 70 e início dos anos 80 no Brasil, juntamente com a fase áurea dos levantamentos geológicos do País, objetivando não só complementar o conhecimento geológico em si, mas localizar alvos para a prospecção e pesquisa minerais, a geoquímica de campo diminuiu no restante da década e na seguinte, e mesmo hoje ainda não alcançou o patamar do passado.

Em termos de banco de dados, há uma grande diferenciação entre os Serviços Geológicos de países mais e menos desenvolvidos, dependendo do grau de sofisticação de seus Sistemas de Informação, da qualidade e quantidade de dados inseridos, da natureza desses dados e da forma de recuperação pelos usuários. Em alguns casos, como os da China e da Rússia, existe um problema extra relacionado à língua, restringindo as informações a poucos dados básicos em inglês. Em outros, como o Peru, não há informações sobre os levantamentos e resultados geoquímicos registrados em sua Base de Dados (GOPERU).

Qualquer banco de dados para ser eficiente deve atender os seguintes requisitos principais: fácil acessibilidade, organização lógica, grau de simplicidade compatível com os seus objetivos e atualização constante. A sua implantação tem sempre que levar em conta que o acesso aos dados deve estar voltado para o cliente externo à instituição que dele fará uso para suas pesquisas ou investimentos econômicos. Principalmente se o banco de dados for de natureza pública. Se determinadas informações forem pagas (geofísicas, em geral), isso deve ficar bem claro no BD.

Além disso, no caso de bancos de natureza técnico-científica, a apresentação das informações em inglês, além da língua nacional, é fundamental.

A CPRM mantém o maior banco de dados geoquímicos do País, que podem ser obtidos através de seu GEOBANK, um dos melhores e mais eficientes bancos de dados entre os Serviços Geológicos mundiais, comparável aos mantidos pelos EUA, Canadá, Austrália. Uma das poucas inovações internacionais em relação ao GEOBANK está no sistema de “perguntas mais frequentes” existente no *National Geologic Map Database* americano, que facilita aos usuários iniciais e estudantes o contato e a confiança nos dados nele contidos. Em todos os bancos de dados dos países mais desenvolvidos, a recuperação das informações, tal como no GEOBANK, é feita por coordenadas limítrofes, localização (Estado, Província, Município etc), nome de projetos, classe de amostras (tipo de material coletado), aprofundando-se os detalhes de acordo com a pesquisa requerida.

Conforme já se mencionou anteriormente, um significativo número de países com dimensões territoriais similares às brasileiras implantaram seus “Programas Nacionais de Geoquímica”, objetivando atualizar informações coligidas no passado, atualizar seus bancos de dados, localizar novos alvos minerais gerais e energéticos e coletar subsídios para o controle ambiental. É o caso dos EUA, Canadá, China, Austrália, África do Sul. Esses Planos Nacionais compreendem amostragens em malhas de baixa densidade inicialmente, em geral abaixo de 1 amostra/300 km<sup>2</sup> a 5.500 km<sup>2</sup> (no caso da Austrália). A reanálise de muitas amostras de projetos do passado, executados quando os equipamentos de laboratório e a logística no campo ainda eram bastante inferiores aos de hoje, tem sido uma das preocupações nesses países.

No que se refere às informações de projetos realizados no passado, os países desenvolvidos e com tradição mineira experimentam os mesmos problemas que o Brasil. Em geral, a amostragem naquela época (décadas de 50, 60, 70 e mesmo 80) tinha um grau de inconsistência, abrangendo vários tipos de material, com diferentes graus de alteração, mineralização etc; os métodos de análises eram relativamente pouco diversificados (análise total ou digestões parciais com digestores fracos), havia diferenças muito grandes de equipamentos, à medida que a tecnologia evoluía, ausência de informações sobre metadados importantes (calibração e precisão de instrumentos, por exemplo), conjunto de elementos variáveis (às vezes somente um ou dois elementos, outras 12 a 13, e muitas vezes 30 elementos, sem um tratamento ou interpretação maior dos resultados obtidos). Nesse sentido, a Austrália, em seu Programa Nacional de Geoquímica, está coletando amostras de regolito transportado nas saídas de grandes bacias de captação, com baixíssima densidade (até uma amostra por cada 10.000 km<sup>2</sup>), para análise de 60 ou mais elementos com técnicas modernas e consistentes. Os EUA, por sua vez, pretendem analisar, em seu Programa Nacional de Geoquímica, um mínimo de uma amostra de sedimentos de corrente a cada 289 km<sup>2</sup> de áreas e usar um único conjunto de métodos analíticos para todo o país. Nesse caso, a participação das Universidades americanas e dos Serviços Geológicos Estaduais é imprescindível.

Em praticamente todos os casos, os PNGs são realizados em parceria com Estados ou Províncias, envolvendo Serviços Geológicos Regionais, Centros de Pesquisa, Universidades e até mesmo empresas de mineração e da área ambiental, num processo de cooperação mútua para o bem comum.

Esses Programas vão acabar se integrando ao Projeto 259 do Programa Internacional de Correlação Geológica (IGCP) “Mapeamento Geoquímico Internacional”.

## 5. Recomendações

Com base nas análises de situação dos países selecionados em relação ao Brasil, é recomendável que o Serviço Geológico do Brasil implante um Programa Nacional de Geoquímica a exemplo dos mencionados neste Relatório que tenha por princípios:

- A introdução do conceito e preocupação ambientais nesse Programa, com monitoramento rígido do trabalho em áreas em mineração (incluindo garimpos), zonas urbanas e com significativa atividade agrícola principalmente;
- O mapeamento geoquímico de todo o País com amostragem de sedimentos de corrente de baixa densidade (uma amostra/1.000 km<sup>2</sup> em áreas de mais fácil acesso, a 5.000 km<sup>2</sup>, no caso da Amazônia (complementadas com amostragens de concentrados de bateia) dependendo das dimensões e características da bacia trabalhada). Esse tipo de amostragem de baixa densidade está sendo adotado pelos países mais desenvolvidos e com tradição mineira (Austrália, Canadá, EUA), além da China e Índia, para selecionar preliminarmente áreas a serem detalhadas em seguida;
- Esse levantamento de baixa densidade, a exemplo da Austrália e do Canadá, deve ter por meta a cobertura de todo o Brasil em cinco anos. Considerando-se as dificuldades de acesso na Amazônia; a necessidade de se recuperar e expandir a capacidade hoje existente de laboratórios no País; a contratação e preparação de novos profissionais (principalmente pela CPRM) e custos de convênios com universidades e estados, o Programa Nacional de Geoquímica deve ficar em torno de US\$ 6 a 8 milhões (cerca de R\$ 2,4 a 3,5 milhões por ano), por comparação com as estimativas da Austrália, os quais poderão estar diluídos em outros trabalhos de mapeamento geológico complementar, por exemplo;
- Tal como no Canadá e África do Sul, que utilizam helicópteros para a coleta de amostras nas regiões mais geladas (no caso do Canadá) e inóspitas, quase sem acesso (no caso da África do Sul), esse meio de transporte para o trabalho na Amazônia pode ser adequado e econômico na amostragem de baixa densidade e em outros pontos selecionados pro aerogeofísica, por exemplo;
- Adicionalmente, promover amostragem detalhada no entorno das grandes regiões metropolitanas (uma amostra a cada 5 a 20 km<sup>2</sup>, dependendo da região), abrangendo água e solos, no intuito de coligir elementos para análises de custo/benefício para a preservação e/ou exploração de curto prazo de bens minerais eventualmente detectados, na tentativa de se evitar o que aconteceu com os depósitos de fosfato de Pernambuco (Olinda e Recife) ou de cobre do Morro do Jaraguá (SP), cujos aproveitamentos ficaram inviáveis pela expansão urbana;
- Evidentemente que no Programa Levantamentos Geológicos do Brasil conduzido pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil – que se pretende continue a render os bons resultados que deu no passado e continua a dar hoje – a amostragem geoquímica deve continuar a ser feita, com ênfase à coleta de solos, de rochas, de bateia, de água e, eventualmente, e, em casos especiais, de material biológico também (plantas). O tipo de amostragem e análises dependerá da região e da área;

- Em paralelo, promoção da análise de consistência dos resultados químicos de todos os levantamentos já realizados; a análise complementar de elementos com as alíquotas de amostras que possam permitir isso e a coleta também complementar de amostras nas áreas com levantamentos geológicos que tenham sido realizados no passado em malhas de grandes dimensões ou com propósitos muito específicos;
- As parcerias com outras instituições, especialmente as Universidades (tal como vem sendo feito para os levantamentos geológicos básicos no momento), envolvendo não só professores e consultores, mas também estudantes universitários, a exemplo do Programa EDMAP (universidades) dos EUA;
- O envolvimento, sempre que possível, dos Estados, através de suas Secretarias de Minas e Energia e Ciência e Tecnologia ou equivalentes, no mínimo para contribuir com a alocação de bolsas a estudantes para esse trabalho, a exemplo do Programa STATEMAP dos EUA;
- O aumento no número de laboratórios, de profissionais especializados em geoquímica (geólogos e técnicos laboratoriais), com competência para realizar os trabalhos e também para coordena-los efetivamente;
- O aprimoramento contínuo das equipes internas e externas da CPRM e das instituições participantes do Programa, promovendo-se cursos, estágios, visitas a outros SGNs;
- Estabelecimento de Acordos de Cooperação Internacional que promovam o desenvolvimento e o intercâmbio de experiências e treinamento de pessoal. Recomendam-se acordos especiais com os países limítrofes, como a Guiana Francesa, a Guiana, o Suriname, a Venezuela, a Colômbia, o Peru, a Bolívia, onde estão as nascentes de muitas de nossas drenagens na Amazônia e em cujas fronteiras há o desenvolvimento de atividades garimpeiras e agrícolas que podem influenciar no planejamento da amostragem e nos resultados das análises, não se devendo esquecer também do Paraguai, Argentina e Uruguai, ainda que separados do Brasil por rios.

Resumidamente, o que se propõe é:

- Um Programa Nacional de Geoquímica de baixa densidade de todo o País (uma amostra para cada 1.000 km<sup>2</sup> até uma para 5.000 km<sup>2</sup>), a exemplo dos Programas Nacionais da África do Sul, Austrália, Canadá, China, EUA e Índia, com ênfase na Região Amazônica, que continua praticamente desconhecida, com a coleta de amostras de sedimentos de corrente representativas de bacias hidrográficas e análises através de um único conjunto de métodos analíticos;
- Priorização de áreas selecionadas no PNG para detalhamento com trabalhos de levantamentos geológicos, geoquímicos e geofísicos. Essa priorização deve ser feita com base no interesse mineral ou ambiental, ou ambos;
- Promoção da análise de consistência dos resultados químicos de todos os levantamentos já realizados; análise complementar de elementos com as alíquotas de amostras que possam permitir isso, a exemplo do que está sendo feito pelo *U.S. Geological Survey* dos EUA;
- Continuidade das coletas de amostras de solos, rochas, bateia, água, sedimentos de corrente e, eventualmente, material biológico nos levantamentos geológicos básicos.

## 6. Referências Bibliográficas

- ARGENTINA. Servicio Geológico Minero Argentino - SEGEMAR. *Cartas geoquímicas*. Disponível em: <<http://www.segemar.gov.ar>>. Acesso em: 25 abr. 2009.
- \_\_\_\_\_. *Ordenamiento territorial*. Disponível em: <<http://www.segemar.gov.ar>>. Acesso em: 25 abr. 2009.
- \_\_\_\_\_. *Geología*. Disponível em: <<http://www.segemar.gov.ar>>. Acesso em: 25 abr. 2009.
- \_\_\_\_\_. *Sistema de información geográfica y cartografía digital*. Disponível em: <<http://www.segemar.gov.ar>>. Acesso em: 25 abr. 2009.
- AUSTRALIA. Geoscience Australia. *Geochemistry and mineralogy*. Disponível em: <<http://www.ga.gov.au>>. Acesso em: 25 abr. 2009.
- \_\_\_\_\_. *National geological maps*. Disponível em: <<http://www.ga.gov.au>>. Acesso em: 25 abr. 2009.
- \_\_\_\_\_. *Online mapping and databases*. Disponível em: <<http://www.ga.gov.au>>. Acesso em: 25 abr. 2009.
- BOYLE, R.W. Geochemistry review. In: Hood, Peter J., ed. *GEOPHYSICS AND GEOCHEMISTRY IN THE SEARCH FOR METALLIC ORES*. Geologic Survey of Canada, Economic Geology Report 31.1977. Ottawa, Canada. p.25-31.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. *Estudos para elaboração do plano duodecenal (2008-2028) de geologia, mineração e transformação mineral: macro-atividade 4.2 - geologia do Brasil*. [S.l.: s.n., s.d.]. Relatório técnico 14: informação geoquímica.
- \_\_\_\_\_. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. *Catálogo de projetos geoquímicos*. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br>. Acesso em: 26 abr. 2009.
- \_\_\_\_\_. *Geoquímica*. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br>. Acesso em: 26 abr. 2009.
- \_\_\_\_\_. *Relatório anual, 2007*. Rio de Janeiro, 2008.
- \_\_\_\_\_. Departamento Nacional da Produção Mineral. *Plano mestre decenal para avaliação de recursos minerais do Brasil 1965-1974*. Publicação Especial Nº 3, 3ª. ed. Rio de Janeiro, DNPM, 1967.
- \_\_\_\_\_. *Plano decenal de mineração 1990-1999*. Primeira Parte: Diagnóstico. Brasília, DNPM, 1991.
- \_\_\_\_\_. *II Plano decenal de mineração: diretrizes básicas 1981-1990*. Brasília, DNPM, 1980.
- \_\_\_\_\_. *Plano plurianual para o desenvolvimento do setor mineral*. Brasília, DNPM, 1994.
- \_\_\_\_\_. *Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil 1985-1999*. Brasília, [Sd.].
- BURENKOV, E. K.; GOLOVIN, A.A.; MOROZOVA, I.A. AND FILATOV, E.I. Multi-purpose geochemical mapping (1:1,000,000) as a basis for the integrated assessment of natural resources and ecological problems. *Journal of Geochemical Exploration*, v. 66. n.1-2, p. 159-172, July 1999.
- CANADA. Geological Survey of Canada. Geophysics and geochemistry in the search for metallic ores. In: AN INTERNATIONAL SYMPOSIUM: Exploration 77, Ottawa. *Proceedings...* Canada, 1997.
- \_\_\_\_\_. National Resources Canada. *Earth sciences sector*. Disponível em: <http://ess.nrcan.gc.ca>>. Acesso em: 21 abr. 2009.
- \_\_\_\_\_. Earth Sciences Sector. *Business plan, 2006-2009*. Canadá, 2006. 50 p.
- \_\_\_\_\_. *Business plan, 2006-2009*. Canadá, 2006. 50 p.

- \_\_\_\_\_. *Geochemical data : National Geochemical Reconnaissance Program of Canada*. Disponível em: <<http://gdr.nrcan.gc.ca>>. Acesso em: 21 abr. 2009.
- \_\_\_\_\_. *Geoscience data repository*. Disponível em: <<http://gde.nrcan.gc.ca>>. Acesso em: 21 abr. 2009.
- CHILE. Servicio Nacional de Geología y Minería – Sernageomin. *Geologia ambiental*. Disponível em: <<http://www.sernageomin.cl>>. Acesso em: 25 abr. 2009.
- \_\_\_\_\_. *Geologia básica*. Disponível em: <<http://www.sernageomin.cl>>. Acesso em: 25 abr. 2009.
- CHINA. Geological Survey of China. *Geological activities: metadata of China digital map database*. Disponível em: <<http://old.cgs.gov.cn/Ev/gs/Metadata>>. Acesso em: 28 jun. 2009.
- COMPANHIA BAIANA DE PESQUISA MINERAL - CBPM. *Geoquímica na Bahia*. Disponível em: <<http://www.cbpm.com.br>>. Acesso em: 23 maio. 2009.
- DARNLEY, A. G. Global geochemical reference network: the foundation for geochemical baselines. *Journal of geochemical Exploration*, n. 60, May. 1997. p. 1-5.
- \_\_\_\_\_; PLANT, J. A.; GARRETT, R. G. Global geochemical baselines: their importance for the mineral industry. In: DECENNIAL INTERNATIONAL CONFERENCE ON MINERAL XPLORATION: Exploration 97,4., 1997, Canada. *Proceedings...* Canadá: A.G. Gubins, 1997. p. 817-820.
- DUTRA, C.V. Trabalho analítico sobre o pirocoloro de Araxá e Tapira, MG. *Bol. Instituto de Tecnologia Industrial*, n.20,1958.p. 58.
- GEOCHEMISTRY - history of the science of geochemistry, characteristics and processes, geochemistry for the future*. Disponível em: <<http://www.science.jrank.org/pages/3006/geochemistry>>. Acesso em: 16 abr. 2009.
- GEOSCAN. *International Agency on Complex Monitoring of the Earth, natural disasters and technogenic catastrophes: official web site*. Disponível em: <<http://www.geoscan.org>>. Acesso em: 28 jun. 2009.
- INDIA. Geological Survey of India. Concerns and issues. In: \_\_\_\_\_. *Report of the functioning of the GSI*. [S.l.: s.n., s.d]. Cap. V.
- \_\_\_\_\_. Geological survey of India in a historical perspective. In: \_\_\_\_\_. *Report of the functioning of the GSI*. [S.l.: s.n., s.d]. Cap. I.
- \_\_\_\_\_. GSI today. In: \_\_\_\_\_. *Report of the functioning of the GSI*. [In: \_\_\_\_\_. *Report of the functioning of the GSI*. [S.l.: s.n., s.d]. Cap. II.
- \_\_\_\_\_. Goals, strategy, milestones & scientific resources. In: \_\_\_\_\_. *Report of the functioning of the GSI*. [S.l.: s.n., s.d]. Cap. VII.
- \_\_\_\_\_. *National geochemical mapping*. Kolkata, 2006.
- \_\_\_\_\_. *Vision for GSI*. In: \_\_\_\_\_. *Report of the functioning of the GSI*. [S.l.: s.n., s.d]. Cap. VI.
- INTERNATIONAL UNION OF GEOLOGICAL SICENCES - IUGS. *Global geochemical baselines*. Disponível em: <<http://www.bgs.ac.uk/IUGS/>>. Acesso em: 21 abr. 2009.
- \_\_\_\_\_. *National geochemical survey database*. Disponível em: <<http://tin.er.usgs.gov>>. Acesso em: 21 abr. 2009.
- KOMOV, I.I.; LUKASHEV, A. N.; KOPLUS, A.V. *Geochemical methods of prospecting for non-metallic minerals*. Disponível em: <<http://books.google.com.br>>. Acesso em: 16 maio. 2009. Cap. 7.

- KOVAL, P. V.; BURENKOV, E. K.; GOLOVIN, A. A. Introduction to the program “Multipurpose Geochemical Mapping of Russia”. *Journal of Geochemical Exploration*, v. 55, n. 1-3, p. 115-123, Dec. 1995.
- LICHT, Otavio Augusto Boni; MELLO, Carlos Siqueira Bandeira de; SILVA, Cássio Roberto da (ed.) *Prospecção geoquímica de depósitos de minerais metálicos, não metálicos, óleo e gás*. Rio de Janeiro: CPRM, 2007.
- MEXICO. Servicio Geológico Mexicano. *Base de Datos*. Disponível em: <[www.coremisgm.gob.mx](http://www.coremisgm.gob.mx)>. Acesso em: 10 jul. 2009.
- \_\_\_\_\_. *Geologia*. Disponível em: <[www.coremisgm.gob.mx](http://www.coremisgm.gob.mx)>. Acesso em: 10 jul. 2009.
- \_\_\_\_\_. *Geoquímica*. Disponível em: <[www.coremisgm.gob.mx](http://www.coremisgm.gob.mx)>. Acesso em: 10 jul. 2009.
- MINERAIS DO PARANÁ - MINEROPAR. *Bases de dados*. Disponível em: <http://www.mineropar.pr.gov.br>>. Acesso em: 23 maio. 2009.
- \_\_\_\_\_. *Histórico*. Disponível em: <<http://www.mineropar.pr.gov.br>>. Acesso em: 23 maio. 2009.
- PERU. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico- INGEMMET. *Geología Nacional*. Disponível em: [www.ingemmet.gob.pe](http://www.ingemmet.gob.pe). Acesso em: 10 jul. 2009.
- QIHERIGE, Zhang Minghua. *Geo-information work at China Geological Survey*. Disponível em: <<http://www.gisdevelopment.net>>. Acesso em: 28 jun. 2009.
- REIMANN, Clemens; SMITH, David B. Geochemistry: exploration, environment, analysis. *GeoScienceWorld*, London, v. 8. n. 3-4, p. 203-204, Nov. 2008.
- REEDER, Shaum. *Global geochemical baselines*. Keyworth, Nottingham, United Kingdom: British Geological Survey, 2006. Disponível em: <http://www.bgs.ac.uk/IUGS/>. Acesso em: maio de 2009.
- RUSSIA. International Medical Geology Association Regional Division – IMGARD. *Recent activities of IMGARD Regional Division Russia - NIS (est. July 2006)*. Disponível em: <<http://www.medicalgeology.org>>. Acesso em: 25 abr. 2009.
- \_\_\_\_\_. United Institute of Geology, Geophysics and Mineralogy SB RAS *Main fields of research*. Disponível em: <<http://www.uiggm.nsc.ru>>. Acesso em: 25 abr. 2009.
- \_\_\_\_\_. A.P.Karpinsky ALL – Russian Institute of Geological V SEGEI. Russian Academy of Sciences – RAS. Disponível em: <<http://gis.mapsofworld.com/government/government-agencies/all-russian-institute-of-geological-research.html>>. Acesso em: 23 maio 2009.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOQUÍMICA - SBGq. *História da criação da sociedade brasileira de geoquímica*. Disponível em: <<http://www.absq.org.br>>. Acesso em: 4 de maio. 2009.
- SOUREN, A. Digging for the roots of geochemistry. In: *The Geochemical News, Quarterly newsletter of the Geochemical Society*. Harvard University, Cambridge, MA, U.S.A. nº 100, jul 1999. 7 p.
- SOUTH AFRICA. Council for Geoscience. *Geochemistry*. Disponível em: <<http://www.geoscience.org.za>>. Acesso em: 25 abr. 2009.
- USA. United States Geological Survey – USGS. *National cooperative geologic mapping program*. Disponível em : <http://tin.er.usgs.gov>. Acesso em: 21 abr. 2009.
- \_\_\_\_\_. *National geochemical survey*. Disponível em : <http://tin.er.usgs.gov>. Acesso em: 21 abr. 2009.
- \_\_\_\_\_. *Database*. Disponível em : <http://tin.er.usgs.gov>. Acesso em: 21 abr. 2009.
- XUEJING, Xie. Some problems, strategical and tactical, in international geochemical mapping. *Journal of Geochemical Exploration*, v. 39. n.1-2, Dec. 1990.

\_\_\_\_\_ ; TIANXIANG, Ren. National geochemical mapping and environmental geochemistry: progress in China. *Journal of Geochemical Exploration*, v. 49. n. 1-2, Nov. 1993.

\_\_\_\_\_ ; XUZHAN, MU. Geochemical mapping in China. *Journal of Geochemical Exploration*, v. 60. n. 1, Nov. 1997.