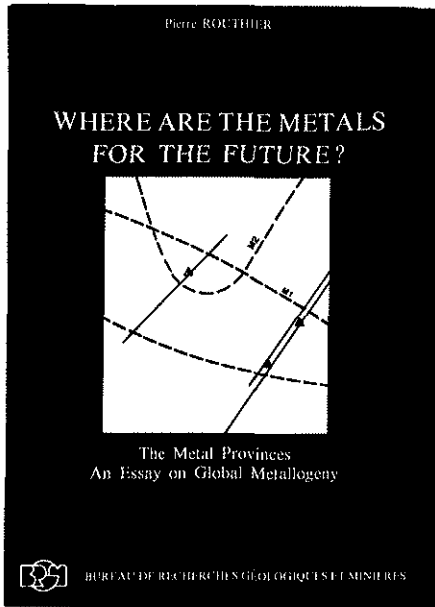


RESENHA

Where are the Metals for the Future? The Metal Provinces. An Essay on Global Metallogeny. PIERRE ROUTHIER, Bureau de Recherche Géologique et Minière. B.P. 6009, F 45060, Orléans Cedex, France. 400 p, 97 figuras, 14 tabelas; 360,00 francos. 1983. Tradução inglesa de: *Où Sont les Métaux pour l'Avenir? Les Provinces Métalliques. Essai de Metallogenie Globale.* Memoire 105. Bureau de Recherche Géologique et Minière, B.P. 6009, F 45060, Orléans Cedex, France. 410 p., 97 figuras, 14 tabelas. 1980. Aproximadamente 290,00 francos.



Apresenta-se aqui a revisão da edição em inglês do livro supra do Prof. Routhier, ao qual se referem as páginas citadas.

O autor é amplamente conhecido pela comunidade geo-minerária brasileira por várias razões. A primeira deve-se à sua obra de síntese sobre geologia econômica e jazidas minerais "Les gisement métallifères. Géologie et Principes de Recherche", um dos livros-texto de uso corrente nos cursos de geologia do Brasil e que reflete o pensamento europeu sobre a formação de depósitos minerais. Em segundo lugar, o Prof. Routhier esteve em 1968 no Brasil, a convite da Sociedade Brasileira de Geologia, formulado pelo subscritor deste artigo, quando foi um dos conferencistas de honra do Congresso Brasileiro de Geologia, com o tema "Princípios Geológicos da Estratégia da Prospecção Mineral", que provocou vivo interesse e debates por parte da vasta e seleta platéia presente. Em terceiro lugar, o Professor

Routhier foi orientador de tese ou de pesquisa de vários geólogos brasileiros como R. Fleischer, A.Misi, P.T. Kaul, ou estrangeiros que trabalham ou se radicaram no Brasil como B. Kotschoubey, M. Dardenne, J.J.G. Quéméneur.

O Professor Routhier aposentou-se de sua carreira acadêmica, realizada na Universidade Pierre e Marie Curie (ex-Faculdade de Ciências de Paris) onde foi diretor do Laboratório de Geologia Aplicada (1944-1970); não se aposentou, entretanto, da profissão. Isto é demonstrado por este livro-texto, além de outros artigos publicados em vários periódicos, e pelo fato de ser, desde 1983, Diretor de Pesquisa Científica (Grupo de Províncias Metalogenéticas) do Centro Nacional da Pesquisa Científica da França.

O livro consta de um relativamente longo prefácio (6p) e de cinco partes, totalizando 17 capítulos e 400 páginas. No prefácio, o autor registra que a razão de produzir a obra foi a indagação de como os depósitos minerais se distribuem em várias regiões. O livro esboçou-se, em sua mente, quando em 1974, juntamente com F. Boyer e H. Rouvier, apresentou novos conceitos sobre cinturões metalogênicos da Europa, e quando, mais tarde, formulou o teorema básico: Um depósito = a intersecção entre o domínio metálico (volume) e os objetos geológicos (e fenômenos) agindo como *reveladores*; estabelece-se, ainda no prefácio, o arcabouço do livro e se considera a metalogênese como um ramo independente do estudo geológico, tendo suas leis e princípios próprios. Expressa, ainda, o autor, um longo e enfático tributo aos geólogos práticos, atuantes em exploração mineral.

A 1ª parte – *Como somos levados a estudar as províncias minerais*, destina-se a executivos das áreas governamental, empresarial e a geólogos de explo-

ração (21p). Subdivide-se em dois capítulos: 1 – "Os recursos metálicos são inexauríveis? As características constantes da indústria e pesquisa minerais"; 2 – "Breve estudo dos métodos usados em exploração mineral". Discutem-se aí, temas como reservas e recursos não renováveis, custos de energia para a extração dos metais, mercadologia mineira, política mineral, e os custos galopantes da exploração mineral. O autor abraça, no Cap. 1, a hipótese de Herrera (1974) de que "somente a metade dos recursos minerais até a profundidade de 300m foi consumida; os recursos (minerais) continuam até 3000m, da mesma maneira que o fazem até 300m, e todos os recursos até esta profundidade serão explorados". Alicerçando-se nela, Routhier estima que as reservas de minério de ferro mundiais resistem a vários milhares de anos de exploração e consumo, enquanto as de cobre, zinco e chumbo duram cerca de 1000 anos. O assunto é polêmico como se pode ver pelos vários artigos referidos por Routhier, como os de Skinner (1976), Uytendogaardt (1981) e outros. Os ciclos de produção mineral discutidos por Reed (1975) não são, entretanto, citados.

A 2ª parte – *Um novo método para o estudo das províncias metalogenéticas* é a mais extensa da obra (145p), tendo os capítulos: 3 – "Metalogenia regional. Seus métodos. Apresentação de um esquema unitário"; 4 – "Descontinuidades nas províncias"; 5 – "Metalogenia de um continente: A Europa"; 6 – "Distribuição de depósitos de cobre na Europa"; 7 – "A distribuição de depósitos de zinco, chumbo, fluorita e cobre nos E.U.A. Primeiros passos visando uma comparação com a Europa"; 8 – "Distribuição e tipologia dos depósitos de estanho e tungstênio. Fonte continental desses metais. Lei das alternâncias do estanho e tungstênio"; 9 – "O Cinturão

Cuprífero Circum-Pacífico. Uma primeira discussão do papel metalogenético da Tectônica de Placas."

A 2ª parte, é plena de conceitos filossóficos metalogenéticos; o autor, após analisar as teorias das várias escolas de formação de depósitos minerais, introduz vários princípios, abrindo com o teorema básico do mundo metálico e dos metalotectos reveladores seguido de várias "leis".

A *lei das transversais* rege que as faixas ou cinturões metalíferos são superimpostos por cinturões metalíferos transversais cujo ângulo com o eixo do domínio é variável. Por exemplo, a heterogeneidade metálica de um cinturão metalífero é explicável pela intersecção de dois domínios metalíferos M_1 e M_2 e uma estrutura maior, por ex., uma fratura, ao longo da qual se posicionaram rochas intrusivas.

Já a *lei da superposição* informa que a "associação de vários metais em depósitos, resulta da superposição de vários domínios metalíferos os quais são revelados por suas paragêneses e composições químicas, incluindo elementos traços, em vários graus de complexidade."

Routhier ilustra essas leis com vários exemplos que explicam a origem de vários distritos e/ou cinturões cupríferos, plumbo-zincíferos e fluoríticos, na Europa, América Central, América do Norte, África, América do Sul, incluindo o Brasil.

Assim é que, para a Europa e África Meridional (cf. Fig. 10), o autor delinea até oito cinturões plumbo-zincíferos rudimentarmente paralelos, que são superimpostos por um cinturão cuprífero e dois fluoríticos. Para os E.U.A., ele define apenas um cinturão plumbo-zincífero perlongando o paralelo 38 e passando pelo famoso "Tri-State District" (Fig. 11); contudo, alguns depósitos dos metais citados estão muito afastados desta sua "curva de regressão linear". Com base em mapas paleogeográficos, o autor, estimuladamente, propõe (Fig. 34): 1) a existência de um megacinturão plumbo-zincífero, indo do oeste do Canadá até o norte da Europa; 2) um megacinturão estano-tungstenífero, aureolando o Oceano Pacífico; entretanto, deve-se assinalar, que a Província Estanífera de Rondônia está dele afastada por cerca de 1000 km, grosseiramente.

3) um cinturão cupro-molibdenífero, também orlando a borda continental do Pacífico e que, em vários locais, principalmente, na faixa das cordilheiras Americana e Andina, muito grosseiramente, se superpõe ao estano-tungstenífero.

Dos mapas citados e de outros emerge a sua terceira lei, designada *lei dos cinturões alternantes de estanho e tungstênio*; ponderando-se que as fontes desses metais podem ser monocrônica, monotípicas e heterotípicas e seriam atribuíveis à crosta continental.

A 3ª parte ocupa-se das *Províncias Metálicas e do Tempo Geológico* (110p) em três capítulos: 10 – "A evolução da litosfera continental, da atmosfera e da vida – seres inferiores – e o impacto destes sobre as concentrações metálicas. Peculiaridades do Arqueano"; 11 – "A distribuição temporal dos depósitos minerais. Tipos e metais"; 12 – "A metalogenia dos cinturões de rochas verdes arqueanos".

O autor pondera inicialmente sobre as dificuldades em se produzir cartas gerais cronológicas e crono-metalogenéticas, e sobre o compilar-se os dados existentes no grande acervo de datações radiogênicas feitas, por diferentes métodos, nas últimas três décadas, disponíveis na literatura internacional.

Analisa, em seguida, a evolução das primeiras rochas magmáticas, dos cinturões de rochas verdes arqueanos, do supercontinente Pangea, dos ofiolitos pré-cambrianos, de algumas rochas sedimentares como cherts, evaporitos, rochas carbonáticas, magnesita. Discorre, ainda, sobre a evolução dos tipos de metamorfismo, dos estilos tectônicos e sua intensidade. Enfatiza-se a importância da biogênese na metalogênese e litogênese; mostra que os processos biológicos tiveram importante papel, à escala do planeta, por, gradualmente, oxigenarem a atmosfera e hidrosfera, desde o Pré-Cambriano, presidindo à precipitação de espessas formações ferríferas bandadas e depósitos de minério de ferro de alto teor associados; em escala menor, mas não menos relevante, a atividade orgânica criou condições de redox favoráveis à acumulação de vários minerais-minério (óxidos e sulfetos) em bacias rasas ou porções rasas de certas bacias. *En passant* o autor assinala que, neste contexto, o debate catastrofismo *versus*

uniformitarismo tende a recrudescer no horizonte temporal próximo.

Sua análise o conduz a proposição de mais duas novas leis. A primeira, dita *lei da zonaidade*, prescreve que os jazimentos minerais se distribuem na crosta continental em função de zonas horizontais ou verticais. Busca o autor comprovar tal lei, lançando mão de mapas paleogeográficos. Cumpre destacar aqui que tais mapas para os terrenos arqueanos e proterozóicos, são altamente fragmentários e inconfiáveis, por serem muito especulativos; acresce a isto o fato de que vasto volume de material crustal mais antigo ou primitivo foi retrabalhado e/ou remobilizado.

A outra lei é designada de *lei da maturação lito-metalogenética dos continentes* que prescreve que as concentrações metálicas formaram-se na seguinte ordem; desde 3,5Ga: durante o Arqueano, Fe, Au, Cr, Sulfetos e Ni, e metais do grupo da Pt; durante o Proterozóico Inferior, ainda Fe e Ni, e Cu, que culminam durante o Proterozóico Superior; durante o Proterozóico Médio, Zn e Pb seguidos de Sn e W, embora estes dois tenham aparecido mais discretamente, desde o Arqueano. (cf. sua tabela IX). Assim, esta ordem de aparecimento, *latu sensu*, corresponde à distinção entre os elementos siderófilos-calcófilos discernida por Goldschmidt, mostrando sua sucessiva separação de um manto superior primitivo. O estanho e o tungstênio são, entretanto, considerados pelo autor, ora como calcófilos, ora como litófilos.

Sua última lei basilar chama-se *lei da permanência e herança* que estipula que a partir do momento que um domínio se especializa em um ou mais metais, os processos reveladores tendem a perpetuar tal especialização, pela reutilização dos metais.

A 4ª parte – *A personalização metalogênica dos continentes? Alguns ajustes entre os blocos continentais* (27p) é dividida em dois capítulos: 13 – "Uma conexão intercontinental: as províncias metálicas fragmentadas pela abertura do Atlântico Sul"; 14 – "A individualização metálica de um continente: América do Sul".

Nestes capítulos Routhier discorre sobre a distribuição das províncias metalogênicas, em decorrência da migração

continental e da tectônica de placas; compara, estribando-se em geocronologia, tipologia e paragênese dos depósitos minerais, os escudos das Guianas e da África Ocidental; enfatiza, em especial, a metalogenia sul-americana, com inclusão de quadros metalogenéticos sinóticos. Assim é que, sugere o prolongamento do cinturão proterozóico Birrimiano (na África Ocidental), cujo potencial mineral está começando a ser revelado, até a América do Sul. Devota, ainda, nesta seção quase 4 páginas à metalogenia brasileira, tratando do Au e Fe no Quadrilátero Ferrífero, sugerindo um cinturão ferrífero-aurífero deste distrito até Cuzco (Peru), com direção WNW-ESE; os depósitos de Mn de Lafaiete, Mutum-Urucum; aborda também, ligeiramente os depósitos da Serra do Carajás, Buritirama e Azul. Estimuladamente, faz confrontações "metálicas" entre o leste brasileiro e o oeste africano, tratando de asbestos, manganês, urânio, chumbo e zinco, além da escassez de sulfetos no Brasil (o que considero, face aos últimos achados prospectivos não (ser o caso, mas sim, falta de conhecimento geológico do nosso território).

Metalogenia regional e transformismo crustal rumo a uma metalogenia global. *Aplicações à exploração mineral é o título da parte 5* (79p), que é tratada em três capítulos: 15 - "Reconciliação entre a metalogenia regional e fenomenológica; 16 - "Síntese: o fundamento geoquímico e seus reveladores"; 17 - "Tendências futuras em Geologia e Metalogenia em relação com a prospecção e suprimento minerais. Alguns pontos de vista".

Nesta parte o Prof. Routhier examina os processos metalogenéticos com base em tipologia de jazidas bem documentadas, buscando uma síntese para sua obra. Considera ele que a água contida na litosfera continental - uma solução salina ou salmoura ("brine", no dizer dos autores anglo-saxônicos), é o principal agente transportador e concentrador de metais, processo que ele chama de *hidatogenético*; este ocorre durante os fenômenos de reciclagem crustal. Ele afirma que o volume de água na litosfera é da mesma grandeza que o

da existente nos oceanos (p.314). Tal assertiva não encontra guarida em pesquisas recentes que estimam a água litosférica, incluindo a das calotas polares, da ordem de 3 a 5% de toda a água do globo (Dury, 1981). Quanto ao futuro da exploração mineral, o autor enfatiza o uso imprescindível dos metalóctetos reveladores como: grandes lineamentos, *rifts*, zonas de subdução, etc. No entanto, autores como Gilluly (1976, 1977) e Marshall (1979) tendem a minimizar tais feições como o "abre-te sésamo" da prospecção (Cf. também Walker, 1977).

Com o Cap. 17, Routhier ensaia o término do livro, fazendo-o de uma maneira humanística, buscando reconciliar as inquietações dos geólogos acadêmicos e exploracionistas, considerando o que estes e a geologia podem fazer para ajudar o suprimento de matérias-primas minerais; critica construtivamente o ensino geológico nas universidades (do hemisfério norte) e o seu distanciamento, cada vez maior, do treinamento em mapeamento geológico; desesperadamente, pergunta: "conhecemos nós alguma realização geológica realmente importante que não teve suas raízes no campo? (p.374). Analisa ainda, o autor, várias considerações éticas e psico-sociológicas da comunidade minero-geológica e dos burocratas da pesquisa mineral. Finalmente, o autor termina a obra, recapitulando as leis da metalogenia e os corolários examinados em detalhe previamente.

O texto é muito bem ilustrado, com 97 figuras e mapas, incluindo-se seis mapas coloridos na bolsa do livro e 14 tabelas. Há numerosas referências bibliográficas ao final de cada capítulo. Falta, entretanto, um índice de assuntos que facilitaria a localização mais rapidamente dos mesmos, embora haja um índice detalhado ao final do livro, além do sumário do início. A tradução inglesa, publicada somente após três anos da francesa é excelente e, certamente, foi trabalhosa, face às nuances da língua francesa, tendo envolvido quatro tradutores (dois com título de doutor, um de "études approfondies" e um estudante com lauda). Erros de impressão são

notavelmente poucos: W. Goldschmidt deve ser V.M. Goldschmidt; A.G. Herrera, deve ser A.O. Herrera e Laisval e Pilbarra devem ser Laisvall e Pilbara; *gaz* (p.374) deve ser *gas*.

O livro, embora caro (a edição francesa é mais barata), é altamente recomendável a estudantes de metalogenia, geólogos, particularmente os exploracionistas, professores de geociências, engenheiros de minas, economistas minerais e executivos envolvidos diretamente com a exploração mineral, tanto do setor privado quanto público. É imprescindível em toda biblioteca universitária.

Eduardo Antônio Ladeira*

Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, * Cidade Universitária Pampulha, CEP 30.000, Belo Horizonte, MG, Brasil.

REFERÊNCIAS

- DURY, G.H. - 1982 - *An introduction to environmental systems*. London, Heinemann Educational Books. 100p.
- GILLULY, J. - 1976 - Lineaments - ineffective guides to ore deposits. *Econ. Geol.*, 71 (8): 1507-1514.
- GILLULY, J. - 1977 - Lineaments - ineffective guides to ores deposits; a discussion. *Econ. Geol.*, 72 (7): 1360.
- HERRERA, A.O. - 1974 - La position du tiers monde concernant les reserves et le recyclage des matières premières minerales. In: *Les ressources minerales à longue terme et la croissance*. Amsterdam, North Holland Book Co., p. 21-46.
- MARSHALL, B. - 1979 - The lineament - ore association. *Econ. Geol.*, 74 (4): 942-946.
- REED, C.B. - 1975 - *Fuels, minerals and human survival*. Michigan, Ann Arbor Sci. Pub., Ann Arbor. 200p.
- ROUTHIER, P. - 1963 - *Les gisements metallifères, géologie et principes de recherche*. Paris, Masson Éd., 2 V.
- SKINNER, B.J. - 1976 - A second Iron Age ahead? *Amer. Scient.*, 64: 258-269.
- UYTENBOGAARDT, W., 1981. Towards a new stone age? Past, present and future of mineral exploration, production and consumption. In: *Symposium on New Mineral Raw Materials. Proceedings: Czechoslovakia*, p. 156-162.
- WALKER, W. - 1977 - Lineaments - ineffective guides to ore deposits - a discussion. *Econ. Geol.*, 72 (7): 1359.