



Reservas maduras são menos competitivas economicamente

RESERVAS VIRGENS x RESERVAS MADURAS

Um dilema crucial para novos investimentos *(Parte 1)*

I.H. Machado (1), S.P.bordonalli (2) e F.E.N. Hegenberg (3)

É muito importante observar que as diferenças marcantes entre reservas virgens e reservas maduras de minérios e minerais industriais não têm merecido uma atenção especial da parte de muitos autores, quer em revistas quer em periódicos especializados da área de exploração mineral ou de economia mineral, nacionais e estrangeiros. Para os autores deste trabalho, reservas virgens são aquelas definidas no final do estágio de pesquisa de detalhe ou durante o estágio de desenvolvimento para implantação de um empreendimento mineiro. As reservas maduras são tipicamente aquelas sendo lavradas na segunda metade da vida da mina.

Com estas conceituações, há espaço para uma

terceira categoria, correspondente a reservas que são lavradas na primeira metade da vida da mina; esta categoria, que pode ser denominada de reservas jovens, não merece um destaque especial neste trabalho. Obviamente, a vida da mina pode ser ampliada quando novos esforços de pesquisa mineral são realizados, mas a finalidade deste trabalho é de chamar a atenção para os extremos de tal classificação.

Nos anos mais recentes, diversos periódicos internacionais têm enfatizado a necessidade de se adotar uma classificação mais rigorosa de reservas, distinguindo-se reservas de recursos, ao deixar para a primeira categoria (reservas) uma conotação de economicidade comprovada que a segunda categoria (recursos) não consegue preencher até que seja realizado um estudo de viabilidade técnico-econômica apontando para um resultado positivo. Somente com esta condição satisfeita, o que era considerado recurso passa finalmente à categoria de reserva. Imbuído deste espírito, o DNPM patrocinou em 1991/

1992 um estudo sobre critérios para a quantificação do patrimônio mineral brasileiro, quando estes novos conceitos foram recomendados para serem introduzidos na próxima revisão do Código de Mineração¹. Toda esta discussão, entretanto, somente faz sentido em termos de um momento bem definido, quando as variáveis econômicas, tecnológicas, ambientais e legais permitem inferir que um dado empreendimento é viável ou não. O objeto deste artigo, contudo, é outro, ligado à evolução da qualidade das reservas ao longo do tempo, ou seja, à evolução histórica de minas ou de distritos mineiros.

As reservas virgens e maduras são perfeitamente explicadas pelo ciclo da mineração, caracterizado segundo alguns autores² por cinco ou seis fases (descoberta, desenvolvimento, produção, maturidade/declínio e exaustão). Este ciclo existe simplesmente porque uma reserva, qualquer que seja, é primeiramente descoberta, a seguir quantificada ou medida, lavrada e, finalmente, exaurida (às vezes, a mina é

(1) Professor do Instituto de Geociências da Unicamp.

(2) Alunos de Mestrado em Administração e Política de Recursos Minerais.

Tabela 1
Comparação entre a exploração de reservas
virgens e reservas maduras

Parâmetros	Reservas Virgens (geralmente localizadas em países em desenvolvimento)	Reservas Maduras (geralmente localizadas em países desenvolvidos)
Teor Médio	Mais Alto	Mais Baixo
Profundidade do Depósito	Menos Profundo	Mais Profundo
Relação Estéril/Minério	Melhor	Pior
Infra-estrutura	Fraca ou inexistente	Estabelecida
Estrutura Geral de Custos	Implantação Onerosa Menos Intensivo em Tecnologia	Investimento Inicial já Depreciado Mais Intensivo em Tecnologia
Deposição de Rejeitos	Muitas Alternativas	Poucas Alternativas
Mão-de-Obra	Menos Especializada	Mais Especializada
Saúde e Segurança	Regulamentação Branda	Regulamentação muito Restritiva
Estrutura Política, Legal e Institucional (incluindo controle ambiental)	Grandes Incentivos	Desestímulos Crescentes

prematuramente fechada ou abandonada devido a problemas econômicos, legais, ambientais, políticos ou até mesmo sociais). Inversamente, há casos em que a mina pode ser rejuvenescida ou ressuscitada, como resultado de mudanças tecnológicas ou de mercado.

Neste século, constata-se que tem havido uma transferência gradual da atividade de mineração dos países industrializados para aqueles em desenvolvimento. Enquanto os primeiros estavam ativamente desenvolvendo sua base industrial nos séculos anteriores, os segundos estavam mais dedicados à agricultura ou à produção de ouro e prata na época colonial. Desse modo, via de regra, as reservas virgens contemporâneas da Revolução Industrial foram consumidas mais rapidamente na Europa, América do Norte e Japão, enquanto elas ainda estão intocadas ou até mesmo não foram sequer descobertas no Terceiro Mundo (recursos não identificados, segundo a classificação convencional adotada universalmente).

Os comentários tecidos acima aplicam-se igualmente a jazidas de bens metálicos e não-metálicos. Na classe dos bens metálicos, esta evolução de reservas virgens até reservas maduras se faz acompanhar de uma queda lenta, porém constante do teor do minério, além de outras características físicas que também costumam deteriorar e ter um importante impacto negativo sobre a rentabilidade da mina. Todo profissional envolvido em estudos de viabilidade de projetos de mineração tem consciência de que diversos fatores afetam a lucratividade de um empreendimento mineiro, a saber:

- tamanho e teor médio da jazida
- profundidade da jazida
- forma dos corpos de minério
- teor de subprodutos ou coprodutos
- localização geográfica da jazida
- economia de escala
- necessidades de capital a ser investido
- tecnologia mineral
- infra-estrutura: transporte, água, energia e comunicações
- custos de mão-de-obra
- legislação mineral
- regime fiscal
- custos de proteção ambiental

A Tabela 1 apresenta uma comparação um tanto simplificada entre a exploração de reservas virgens, predominantemente localizadas hoje em países em desenvolvimento, versus reservas maduras tipicamente localizadas em países desenvolvidos ou em velhos distritos mineiros de países em desenvolvimento (estanho na Bolívia, ferro em Minas Gerais⁴, prata no México, e assim por diante).

Neste artigo, os autores tentarão enfatizar a estreita relação existente entre o envelhecimento das reservas e o ciclo da mineração. Para isso, foram selecionados dois exemplos: cobre, para os bens metálicos, e caulim de alto grau, para os minerais industriais. Em muitos trabalhos encontrados na literatura especializada, esta relação fundamental não aparece de maneira clara ou os dados quantitativos são apresentados em tabelas que traduzem apenas o que é meia verdade. Este é principalmente o caso

dos minerais industriais, onde falta o equivalente a "teor de metal contido".

Não se deve esquecer, todavia, que nos países industrializados a tecnologia tem sido um poderoso instrumento usado para compensar, pelo menos parcialmente, a deterioração física de suas reservas maduras. Este fenômeno tem garantido uma sobrevida para um certo número de distritos mineiros, que do contrário teriam desaparecido abruptamente em função do envelhecimento das reservas.

Reservas de Cobre

Mesmo reconhecendo que muitos fatores têm implicações várias para afetar um projeto de extração de cobre, como sublinhado anteriormente, vamos em primeiro lugar concentrar nossos argumentos sobre o item relativo a teor do minério. É fato sobejamente conhecido que alguns séculos atrás somente jazidas de alto teor de cobre podiam ser lavradas. Por exemplo, o teor do minério lavrado no Cornwall de 1771 a 1786 e nas minas reais da Saxônia em 1844 era, em média, de 12 por cento de cobre³. Jankovic estudou 300 jazidas de cobre trabalhadas de 1880 a 1960 e comprovou a existência do declínio constante dos teores ao longo do tempo. Outras investigações levadas a efeito pelo U.S. Bureau of Mines confirmam a mesma tendência para as minas de cobre americanas no período de 1924 a 1982.

A Figura 1 é uma composição dos dados coletados por Jankovic nos países industrializados e daqueles apresentados por Wagenhals⁵, dando um intervalo total de um século de teores declinantes do cobre. A única anomalia observada neste longo período (pico no início da década de 30) é devida à Grande Depressão, quando teores acima do normal tinham de ser obtidos para contrabalançar a queda de preços.

A demanda de cobre no Ocidente resultou de um crescimento muito rápido desde o ano de 1900, acelerado no período que se seguiu à II Guerra Mundial. A produção de cobre cresceu de 10.000 t anuais de 1800 a 1810, para 750.000 t um século depois, em seguida para a faixa de 7-8 milhões t em 1978⁶ e, finalmente, para 10,7 milhões t em 1990⁷.

As jazidas de cobre são geralmente classificadas em três tipos metalogenéticos (jazidas do tipo porfirítico, "strata-bound" e sulfeto maciço), mas o tipo porfirítico desempenha o papel mais importante de todos na produção mundial atual. As jazidas porfíricas ocorrem predominantemente no Chile, Peru, México, Estados Unidos, oeste do Canadá, Papua Nova Guiné e Filipinas. Via de regra, elas contêm as maiores reservas, porém os mais baixos teores, enquanto o tipo "strata-bound" apresenta reservas menores com teores mais elevados⁸. As 255 jazidas mais importantes do mundo estão discriminadas na base de dados Metallica 2000⁹. Desse total, temos:

- 136 minas ativas
- 2 minas fechadas
- 12 jazidas em desenvolvimento
- 95 jazidas já pesquisadas
- 10 jazidas com situação ignorada

Utilizando a classificação adotada neste artigo, resulta:

* 107 reservas virgens (jazidas em desenvolvimento + jazidas já pesquisadas)

* 138 reservas jovens e maduras (minas ativas + minas fechadas)



A atividade mineral tem se transferido gradativamente para os países em desenvolvimento

O teor médio ponderado das 255 jazidas tem o valor de 0,80% de cobre, enquanto o teor médio das minas ativas é ligeiramente superior (0,83%). As Américas são os maiores produtores, respondendo por 51,2% da produção mundial⁷. É interessante observar que as minas ativas americanas e canadenses têm um teor médio de 0,50% Cu, enquanto as minas latino-americanas mostram um teor médio de apenas 0,49% Cu. Isto significa que, por uma larga margem, a América Latina é atualmente e num futuro previsível a região dotada dos melhores teores de cobre em todo o mundo. Não é surpresa, portanto, que grandes somas de capital estrangeiro estejam sendo canalizadas atualmente para novos projetos no Chile.

Consideremos agora o caso das reservas virgens. As jazidas da América do Norte apresentam um teor médio de 0,52% Cu e aquelas da América Latina, 0,83%. As jazidas do resto do mundo possuem um teor médio de apenas 0,49% Cu. Isto significa que, por uma larga margem, a América Latina é atualmente e num futuro previsível a região dotada dos melhores teores de cobre em todo o mundo. Não é surpresa, portanto, que grandes somas de capital estrangeiro estejam sendo canalizadas atualmente para novos projetos no Chile.

Ao selecionarmos aquelas jazidas com uma tonelagem superior a 500 milhões de toneladas métricas de minério de cobre — jazidas gigantes — a lista do Metallica 2000 contém 34 jazidas desse porte, das quais 16 (ou seja, 47%) estão localizadas na América Latina, 10 na América do Norte, 4 na Ásia, 3 na Austrália e 1 na África (Tabela 2). Estas jazidas correspondem a "acumulações gigantes" e "grandes acumulações", de acordo com os critérios definidos por Laznicka e Hodgson¹⁰ ("acumulação gigante" $\geq 5,5$ milhões t Cu, e "acumulação grande" ≥ 550 mil t Cu).

O parâmetro relativo ao teor do minério é igualmente importante quando se analisa a questão da produtividade na mineração. Num estudo sobre a matéria, Pye¹¹ chamou a atenção para o fato de que na indústria de transformação admite-se que a qualidade dos insumos não muda com o tempo. Todavia, este não é caso da mineração, onde os operadores da mina podem ajustar o teor do minério extraído numa base anualizada, porém o seu controle se torna muito limitado sobre a vida inteira da mina. Coerente com este fato, Mikesell¹², numa simulação de um projeto hipotético de mineração de cobre, introduziu na sua análise de fluxo de caixa teores decrescentes de

minério, desde o valor inicial de 0,65% Cu, caindo a 0,60% do 3º ano de produção, e passando a 0,55% do 5º ao 10º ano de produção (final do período do fluxo de caixa).⁵

Se nos debruçarmos sobre as questões ambientais, constata-se um futuro sombrio para a indústria do cobre da América do Norte, em superposição aos problemas dos teores declinantes.

Num estudo patrocinado em 1990 pelo *National Materials Advisory Board* dos Estados Unidos e coordenado pelo *Committee on Competitiveness of the Minerals and Metals Industry*¹³, a conclusão foi de que, dentre outros fatores que contribuíram para o declínio da indústria mineral americana, salientam-se dois: (a) teores de minérios mais baixos; e (b) regulamentações ambientais em excesso. Este relatório oficial afirma que estes fatores, acrescidos de outros quatorze, criam uma situação de desvantagem para a indústria americana, quando comparada com a indústria estrangeira. Outro estudo¹⁴ segue a mesma linha de raciocínio:

"Por causa da longa e agressiva história da mineração americana, os teores dos corpos de minérios têm declinado constantemente ao longo dos anos, e atualmente são consideravelmente inferiores aos minérios similares ora lavrados em outros países. Por exemplo, comparados a um teor médio de 0,6-0,8% nas jazidas de cobre porfirítico na América do Norte, novos corpos em desenvolvimento no Chile e na Argentina muitas vezes contemplam teores de mais de 1,5% Cu. Nossa competitividade em matéria de preços também é prejudicada pelo fato de que as minas americanas estão se tornando mais profundas, o que eleva os custos de produção.

O alto custo de atender um vasto leque de regulamentações ambientais tem-se tornado um obstáculo importante para o crescimento da indústria mineral americana, especialmente durante um período de preços deprimidos. Por exemplo, a indústria do cobre nos EUA tem sido severamente penalizada ao ser obrigada a atender aos rígidos padrões de emissão de SO_2 — algo como 695 milhões de dólares entre 1974 e 1987 e um valor adicional estimado de 953,5 milhões (dólar de 1974) no ano de 1987. Em contraste com isso, os produtores de cobre na maioria dos outros países não precisam incorrer em tais custos extras."



Áreas de Atuação:

- Geologia
- Minas a céu aberto e subterrâneas
- Tratamento de minérios
- Metalurgia
- Controle Ambiental
- Monitoramento Ambiental
- Análise de Risco

- Rio de Janeiro

Rua Farne de Amoedo, 76/301 - Ipanema
Rio de Janeiro - RJ - CEP.: 22420-020
Fax: (021) 521-8137 Tel: (021) 287-0590

- São Paulo

Rua Marcílio Dias, 138 - Socorro
São Paulo - SP - CEP: 04760-080
Tel/Fax: (011) 548-4527

- Florianópolis

Rua Lauro Linhares, 150/308 - Trindade - SC
CEP: 88036-000 - Tel/FAX: (0482) 34-1210.



MANGAS FILTRANTES



A mais ampla linha de materiais para filtragem (seca e úmida)

**Acrílico
Nylon
poliéster
Ryton
Nomex
P-84
Polipropileno
Teflon**

**Estrada da Capela, 1961 - Vila Savian
Vinhedo - SP - Cep: 13280-000
Tel: (0192) 76.1108
Fax: (0192) 76.1417**

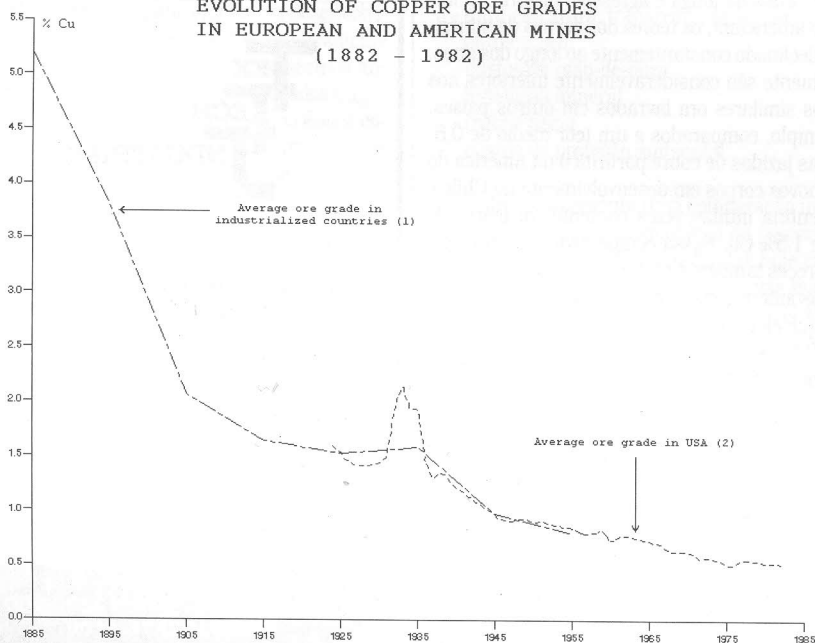
Tabela 2 - Depósitos Gigantes de Cobre

Mina ou Depósito	Status	Reserva	Teor	Metal	País
		MM mt	%Cu	Contido Mm mt	
1 El Teniente	0	2.080,0	1,12	23,30	Chile
2 Collahuasi	X	1.849,0	0,92	17,01	Chile
3 La Escondida	0	1.800,0	1,60	28,80	Chile
4 Cananea	0	1.670,1	0,62	10,35	México
5 La Caridad	0	1.499,6	0,39	5,85	México
6 Los Bronces	0	1.380,0	0,81	11,18	Chile
7 Morenci	0	1.310,2	0,51	6,68	EUA
8 Sar Cheshmeh	0	1.200,0	1,20	14,40	Irã
9 Bagdad	0	1.116,5	0,37	4,13	EUA
10 Bingham Canyon	0	1.059,0	0,62	6,57	EUA
11 Ray	0	1.016,0	0,63	6,40	EUA
12 Cebu	0	894,0	0,41	3,67	Filipinas
13 Sierrita/Twin Buttes	0	889,6	0,29	2,58	EUA
14 Namosi	X	815,4	0,43	3,51	Fiji
15 Petaquilla	X	794,0	0,60	4,76	Panamá
16 Grasberg/Ertsberg	0	733,2	1,47	10,78	Indonésia
17 Florence	X	725,7	0,38	2,76	EUA
18 Mansa (Centro)	X	700,0	1,30	9,10	Chile
19 Salobo	X	700,0	0,70	4,90	Brasil
20 Radomiro Tomic	X	691,0	0,73	5,04	Chile
21 Sipalay	0	650,4	0,49	3,19	Filipinas
22 Chuquicamata	0	650,0	0,85	5,53	Chile
23 Highland Valley Copper	0	633,0	0,41	2,62	Canadá
24 Toromocho	ND	600,0	0,68	4,08	Peru
25 Haib	X	600,0	0,32	1,92	Namíbia
26 Olympic Dam	0	574,4	2,10	12,06	Austrália
27 Pinto Valley	0	568,0	0,19	1,08	EUA
28 Casino	X	557,9	0,25	1,41	Canadá
29 Bajo de la Alumbrera	X	550,7	0,52	2,85	Argentina
30 Michiquillay	X	544,0	0,69	3,75	Peru
31 Centro Verde	0	536,0	0,74	3,96	Peru
32 Mission Complex	0	512,4	0,67	3,43	EUA
33 OK Tedi	0	510,0	0,69	3,52	Papua N. Guiné
34 Toquepala	0	509,0	0,86	4,38	Peru

Fonte: Metalica 2000 Mining Database

Legenda: 0 - Mina Ativa
X - Jazida Pesquisada
ND - Não Disponível

**EVOLUTION OF COPPER ORE GRADES
IN EUROPEAN AND AMERICAN MINES
(1882 - 1982)**



Sources: 1-Jankovic (1967); 2-Wagenhals (1984)

No Canadá, a situação não é diferente. Sob pressão de um registro preocupante de 3.000 minas abandonadas, a Província de Ontário aprovou em 1989 a lei nº 71¹⁵ (uma emenda ao Código de Mineração provincial), onde a grande inovação foi a instituição de uma caução ("financial assurance"), o que significa o desembolso pelo minerador de uma quantia relacionada com o plano de fechamento futuro da mina, quando da submissão do projeto para implantar um novo empreendimento; a caução deverá ser depositada em nome do governo provincial, sob a forma de "cash", carta de crédito, carta de fiança ou outra forma de título aceitável pelas autoridades. O plano de fechamento, com a respectiva caução, será dirigido ao Diretor de Reabilitação de Minas da província. Estas novas exigências implicam evidentemente num pagamento adiantado de alguns milhões ou dezenas de milhões de dólares, a serem introduzidos de modo antecipado no fluxo de caixa do projeto. Não há dúvidas de que tais mudanças alteram completamente o conceito tradicional de viabilidade dos projetos de mineração, quando tais investimentos no passado eram deferidos ou não realizados absolutamente. Outras províncias no Canadá adotam as mesmas diretrizes para proteger o meio ambiente, tentando evitar, no futuro, o ressurgimento do problema das minas abandonadas dentro de seus territórios, recaíndo o ônus sobre os ombros do governo.

Um dos melhores exemplos é o projeto de cobre conhecido por Windy Craggy, na Colúmbia Britânica. Seu Certificado de Desenvolvimento da Mina foi emitido após revisão de estudos ambientais e socioeconômicos realizados pela empresa interessada. A questão se complicou posteriormente devido ao envolvimento do governo federal, pela necessidade de uma avaliação ambiental bastante ampla. A propósito, a Associação dos Mineradores da Colúmbia Britânica registrou mais de 40 normas federais que dariam origem a uma avaliação de impacto ambiental. Enquanto isso, a incerteza sobre o futuro do projeto ia crescendo e paralelamente o seu custo de implantação. De acordo com um observador, "o debate sobre Windy Craggy tem-se tornado mais uma questão pertinente a uso do solo do que uma preocupação de fundo ecológico".¹⁶

Finalmente, serão tecidos alguns comentários acerca do custo de mão-de-obra. É sabido que os salários nos EUA são mais altos do que aqueles pagos pela maioria dos outros produtores de cobre. Conforme observado por Mirsa¹⁴, o salário pago por hora (incluindo benefícios indiretos) aos mineiros de cobre das Filipinas é inferior a US\$ 1, ao invés de mais de US\$ 8 pelo salário equivalente nos EUA. Além disso, as minas americanas incorrem em custos mais elevados, em função dos padrões de saúde e segurança baixados pela OSHA (Occupational Safety and Health Administration). Como é do conhecimento geral, padrões similares de segurança industrial não existem em muitos países estrangeiros, ou então não são cumpridos com o mesmo rigor.

A parte 2 deste artigo abordará as Reservas Virgens e Maduras da variedade mais nobre de um mineral industrial — o caulim — e encerrará a discussão sobre a temática geral.

Obs: As referências estão listadas no final da Parte 2, que será publicada na próxima edição.