

Sessão — dia 02/08/77

**“ESTRATÉGIA PARA UM PROGRAMA
DE PESQUISA MINERAL”**

Eng^o ANTONIO CARLOS SOUZA ARANHA P. ANDRADE

SUMÁRIO

- I — Introdução
- II — Pesquisa Básica
- III — Exploração
- IV — Estratégia de Exploração

Bibliografia

I — INTRODUÇÃO

A pesquisa mineral pode ser definida como o conjunto de atividades que, utilizando técnicas apropriadas, concorrem à definição de novos recursos minerais de interesse econômico.

Porém, uma definição de caráter tão geral é de pouca utilidade para caracterizar os objetivos e campo de atividades das diversas organizações que atuam no desenvolvimento mineral de qualquer país.

Assim sendo torna-se necessária uma divisão da pesquisa mineral generalizada em diversos estágios, que se diferenciam pela natureza distinta das atividades fundamentais que caracterizam cada estágio.

Considerando-se exclusivamente a pesquisa mineral dedicada a fomentar a produção de bens minerais, esta divisão seria feita da seguinte forma: pesquisa básica, exploração e avaliação. Dadas suas características e importância, os estágios de pesquisa básica e exploração são conceituados a seguir.

II — PESQUISA BÁSICA

Compreende aquelas atividades necessárias ao desenvolvimento e aprimoramento das informações básicas: produção de mapas geográficos de escalas regionais, realização de sensoriamento remoto (Fotos, ERTZ, Skylab, etc.), realização de levantamentos aero-fotogramétricos, execução de reconhecimentos geológicos e mapeamentos geológicos de escala regional (escalas em geral compreendidas entre 1:100.000 e 1:1.000.000).

Praticamente em todos os países cuja indústria mineral está bem desenvolvida ou em ritmo acelerado de desenvolvimento, a pesquisa básica é planejada e executada sob coordenação de organismos governamentais. Em geral estes organismos utilizam-se de diversos meios para execução das diversas partes que compõem os programas planejados, tais como:

- órgão ou empresa governamental dedicada ao fomento da indústria mineral;
- universidades, tanto do país quanto externas, que atuam sob convênios ou para treinamento de alunos dos cursos de geociências ou principalmente, para elaboração de teses de pós-graduação;

- empresas privadas, do país ou estrangeiras, que atuam sob contrato de prestação de serviços;
- organizações científicas ou de desenvolvimento tecnológico que atuam sob forma de convênios.

Finalmente, frisa-se que a última etapa da execução da pesquisa básica consiste na publicação dos resultados ou, no mínimo, colocação à disposição para consulta dos interessados, normalmente empresas privadas ou não, que se dedicam ao estágio seguinte da pesquisa mineral; a não divulgação das informações obtidas com a pesquisa básica contradiz o grande objetivo desta etapa da pesquisa mineral.

III — EXPLORAÇÃO

A exploração propriamente dita se inicia na compilação e análise das informações obtidas pela pesquisa básica, terminando ou com o início da etapa de avaliação detalhada das ocorrências porventura localizadas ou com encerramento dos trabalhos devido a resultados negativos. Peter Flawn, no livro "Mineral Resources" (1966) subdivide a exploração em:

- “— apreciação de províncias geológicas: grandes regiões com dezenas de milhares de quilômetros quadrados;
- reconhecimento geológico e geofísico;
- aquisição de direitos de pesquisa;
- localização de alvos dentro da área prospectável;
- em seguida a uma potencial descoberta, avaliação da viabilidade econômica de extrair e recuperar os minerais desejados e chegar-se a um produto comercializável;
- exploração detalhada da descoberta potencial: prosseguimento do estudos das extrapolações geológicas, anomalias geofísicas e geoquímicas com programas de sondagem”.

Em seguida Flawn afirma:

“Novas descobertas significativas não serão feitas sem programas regionais deste tipo, eles são necessários para suprir recursos minerais para o futuro”.

E indo além, Flawn procura mostrar qual a probabilidade de sucesso na exploração, reproduzindo estudo de P.A. Bailly (1964):

“Quais as chances de encontrar novas jazidas? Este assunto tem estado na mente de muitos por um número de anos. Em anos recentes, temos tido uma avalanche de estudos mais ou menos teóricos por Nolan, Blondel, Allais, Slichter, Koulorerzine, tentando definir estas chances em vários ambientes. Mais pragmaticamente J.D. Bateman escreveu em 1963 que no Canadá cerca de 1.000 equipes de prospecção tem percorrido as florestas em cada verão em anos recentes: em cada estação apenas 5 descobertas significativas foram feitas e algumas delas não resultaram ser econômicas. Assim, na média, o prospector isolado ou uma equipe de prospecção na floresta canadense deveria trabalhar 200 anos para ter uma chance de uma descoberta significativa; e mesmo esta poderá não ser economicamente viável”.

A tabela a seguir ilustrará este ponto. Se assumirmos que temos na mão 5 prospectos igualmente bons, cada um com 20% de chance de ser um depósito de minério, as alternativas são que podemos ter 5 fracassos, 4 fracassos e 1 sucesso, etc., ou finalmente 5 jazidas. As probabilidades destes eventos acontecerem são mostrados na coluna direita. A chance de encontrar 5 jazidas é de 3 em 10.000, enquanto as chances de 5 fracassos são 1 em 3.

Probabilidade de sucesso na Exploração Mineral

Hipótese: 5 prospectos, cada um com 20% de chance de ser um depósito mineral lavrável.

Possibilidades	Probabilidade
5 fracassos	32,77%
4 fracassos, 1 sucesso	41,00%
3 fracassos, 2 sucessos	20,50%
2 fracassos, 3 sucessos	5,10%
1 fracasso, 4 sucessos	0,60%
5 sucessos	0,03%

Isto significa que se todas nossas verbas de exploração são utilizadas em explorar estes 5 prospectos temos 33% de chance, 1 em 3, de terminar em estado de perda total. Bem, a situação não é má quando se tem 20% de chance de se ter sucesso em cada alvo da exploração isoladamente. No entanto, como mostrado na próxima tabela, nossas chances de chegarmos à perda total são muito piores, se a probabilidade do prospecto ser uma jazida é muito menor. Por exemplo, se cada prospecto tem apenas 1% de chance de ser uma jazida, o que é uma porcentagem bem realista,

concluimos que devemos pesquisar sucessivamente 461 prospectos, assumindo que os prospectos são iguais, para reduzir a 1% a probabilidade de perda total por causa de seqüência de má sorte. Mesmo quando a probabilidade do prospecto ser uma jazida é 1 em 20 (5%) devemos explorar consecutivamente 45 alvos para que a probabilidade de perda total seja reduzida a 10%. Explorar grande número de prospectos dará uma certeza maior de sucesso; e podemos melhorar esta chance de sucesso limitando nossa exploração a aqueles prospectos que têm chance muito alta de vir a ser uma jazida.

Número de vezes que uma aventura deve ser repetida para reduzir o risco de perda total

Probabilidade de sucesso	Probabilidade de perda total através de seqüência de má sorte		
	10%	5%	1%
1%	229	298	461
2%	114	148	228
5%	45	58	90
10%	22	28	44
20%	11	14	21
50%	4	5	7

Exemplo: se cada prospecto tem 20% de chance de ser um depósito lavrável (tabela anterior), ao menos 11 prospectos devem ser testados antes que a chance de 11 fracassos seja menor que 10%. Para reduzir as chances de completo fracasso a menos que 1%, 21 destes prospectos devem ser explorados”.

Portanto, qualquer organização que se dedique à pesquisa mineral visando obter lucros a partir de possíveis descobertas terá que se preocupar forçosamente em:

- manter um número mínimo de alvos de exploração, tal que os riscos de que nenhum alvo venha a se tornar uma jazida sejam mantidos dentro de limites aceitáveis;
- envidar esforços de tal modo que sejam identificados os alvos com maiores chances de se tornarem jazidas, nos quais seus esforços de exploração serão concentrados.

Disto se depreende que o processo de seleção de áreas constitui o elemento chave para o sucesso da pesquisa mineral sistemática, uma vez que este processo é que irá fornecer o número mínimo de alvos com maiores

chances de conterem alguma jazida, que poderá então ser descoberta pela exploração.

O próprio P.A. Bailly, sempre preocupado com a filosofia das empresas de mineração, propôs em 1968 uma divisão da exploração mineral em 4 estágios — avaliação regional, reconhecimento detalhado de áreas favoráveis, avaliação detalhada dos alvos em superfície, amostragem detalhada tri-dimensional e avaliação econômica preliminar (quadro nº 1) — além de mostrar claramente que a pesquisa mineral apresenta riscos de 4 tipos (quadro nº 2).

- 1) Existirá alguma jazida na área pesquisada?
- 2) Se existir, esta jazida tem chances de ser posteriormente aproveitada de maneira econômica?
- 3) Se existir e se puder poderão descobri-la?
- 4) Se existir, for econômica e puder ser descoberta, que garantias existem de que quem investiu na pesquisa mineral, correndo o risco, será o proprietário e/ou beneficiário?

IV — ESTRATÉGIA DE EXPLORAÇÃO

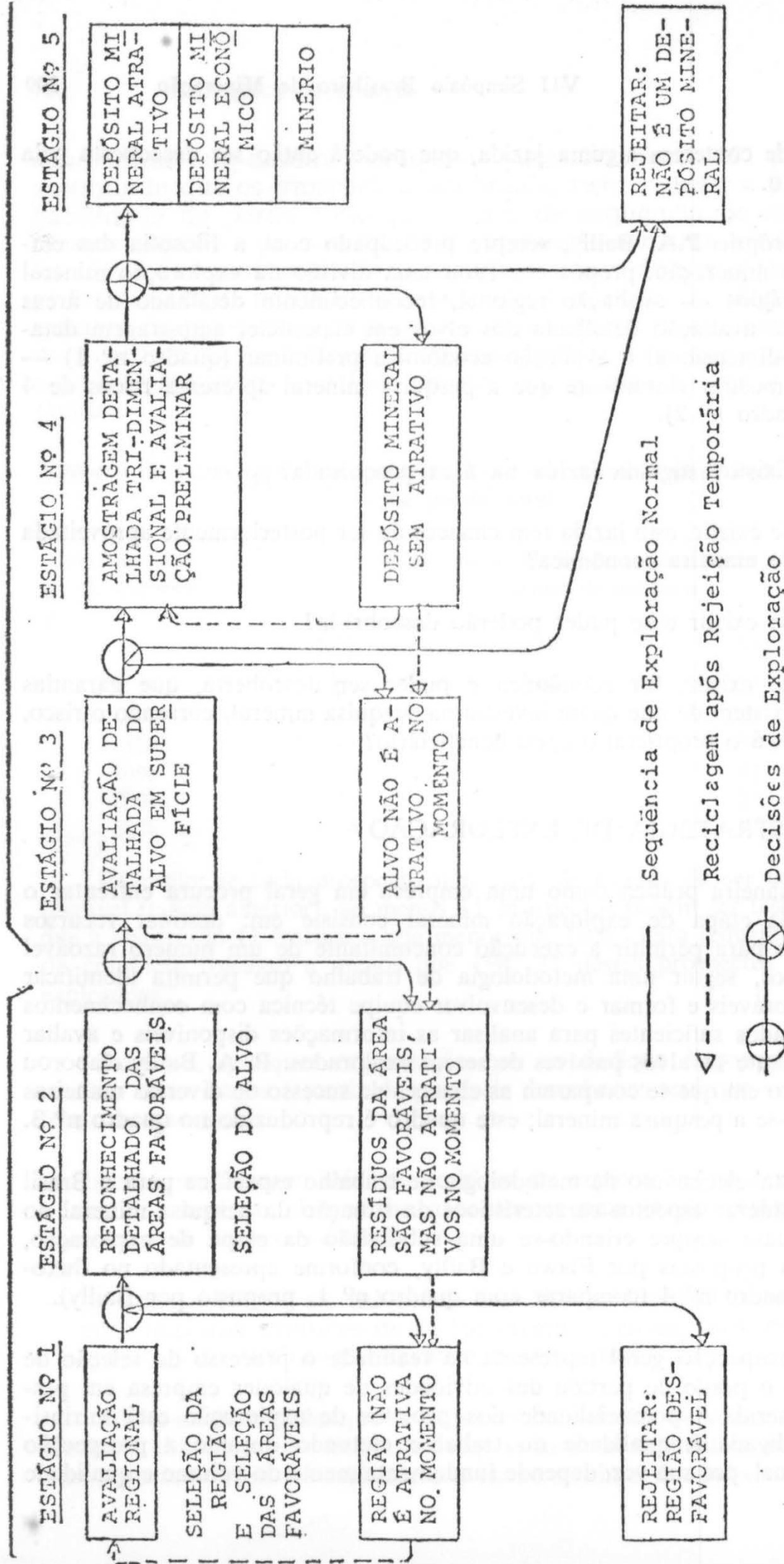
A maneira prática como uma empresa em geral procura enfrentar o desafio da etapa de exploração mineral consiste em: destinar recursos suficientes para permitir a execução concomitante de um número razoável de projetos, seguir uma metodologia de trabalho que permita identificar alvos favoráveis e formar e desenvolver equipe técnica com conhecimentos especializados suficientes para analisar as informações disponíveis e avaliar acuradamente os alvos passíveis de serem explorados. P. A. Bailly elaborou um quadro em que se comparam as chances de sucesso de diversas maneiras de atacar-se a pesquisa mineral; este quadro é reproduzido no quadro nº 3.

O estabelecimento da metodologia de trabalho específica para o Brasil deve considerar aspectos característicos da situação da pesquisa mineral no Brasil, quase sempre criando-se uma subdivisão da etapa de exploração, similar as propostas por Flawn e Bailly, conforme apresentado no fluxograma, quadro nº 4 (comparar com quadro nº 1, proposto por Bailly).

A prospecção geral representa na realidade o processo de seleção de áreas e é o ponto de partida das atividades de qualquer empresa em pesquisa mineral. A potencialidade dos projetos de exploração está intrinsecamente ligada à qualidade do trabalho efetuado durante a prospecção geral, a qual, por sua vez, depende fundamentalmente do volume e qualidade

RECONHECIMENTO

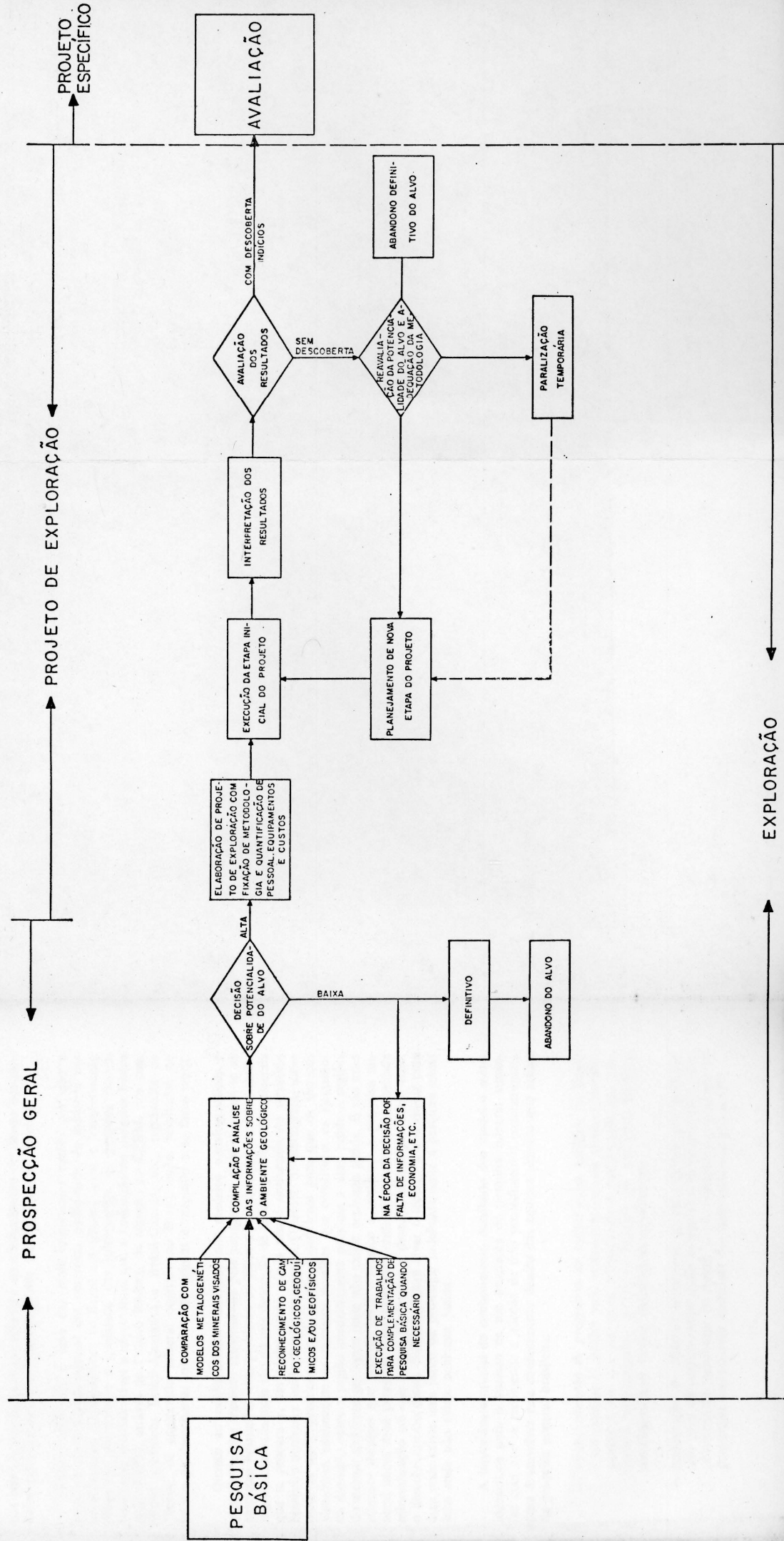
PESQUISA DE ALVOS



Quadro nº 1 - OS QUATRO PRINCIPAIS ESTÁGIOS DE UM PROGRAMA DE EXPLORAÇÃO DESTINADO A DESCOBERTA

Extraído de "Genetic Theories, Models, Hypothesis and Future Ore Discoveries" de P.A. Bailly Marco 1968 - na época Bailly trabalhava na Stanford University; atualmente é Presidente da Occidental Minerals Corp.

FLUXOGRAMA DA EXPLORAÇÃO MINERAL
 QUADRO Nº 4



Quadro nº 3 - FILOSOFIAS (ENFOQUES) E PLANEJAMENTO DA PESQUISA MINERAL

(a ser executada pela implementações técnicas de obtenção de dados e testes selecionados dentro o planejamento)

TIPOS DE FILOSOFIAS (ENFOQUES)	Preocupação racional (redução de riscos/incertezas)	Programa de Exploração		Chance de Sucesso no Século XX (*)
		Eficácia (*)	Eficiência	
<u>SEM QUALQUER RACIOCÍNIO</u>				
- Percepção extrasensorial (visões, adivinhações)	Nulla	Nula	Variável	Muito baixa
- Falatório geológico (geológicos, VVP - Vocábulo de Valorização Pessoal)	Nulla	Nula	Variável	Muito baixa
- Suspeitas (suposições não racionais)	Nulla	Muito baixa	Variável	Muito baixa
<u>SEM RACIOCÍNIO GEOLÓGICO</u>				
- Promocional (esquemas financeiros)	Nulla	Nula	Baixa	Muito baixa
- Geo-técnicas (acumulação de dados, jogo de anomalias)	Baixa	Baixa	Muito alta	Baixa
- Sondagem caótica (furos localizados ao acaso)	Nulla	Nula	Variável	Muito baixa
- Sondagem em malha (espaçamento sistemático dos furos)	Nulla	Moderada	Muito alta	Moderada
<u>RACIOCÍNIO GEOLÓGICO</u>				
- Raciocínio correto mas irrelevante	Baixa	Nula	Variável	Muito baixa
- Raciocínio relevante "a priori", dedutivo, independente de experiência: modelos teóricos	Moderada	Baixa	Variável	Baixa
- Pragmática-Observacional (prospecção convencional)	Nulla	Variável	Variável	Moderada
- Raciocínio empírico e relevante, indutivo, raciocínio por analogia baseado em experiência: modelos empíricos, modelos conceituais derivados localmente	Alta	Alta	Alta	Alta
- Formulação de Hipóteses de Exploração (alvos) baseados em raciocínio "a priori" + empírico	Muito alta	Muito alta	Muito alta	Muito alta

(caso não se aplicarem, publicar em esta)

...mas importante é que não existam relações.

<p>Problemas da Exploração (em forma de perguntas)</p>	<p>Há chance de existir um depósito mineral nesta área?</p>	<p>Se existir, qual é a maior estimativa seu possível valor?</p>	<p>Se existir, poderá ser descoberto com as ferramentas disponíveis? A que custo? Em quanto tempo?</p>	<p>Com que garantia poderemos obter os direitos de exploração? Se encontramos um depósito, poderemos segurá-lo e colher os frutos?</p>
<p>MODELO PARA DESCOBERTA EM EXPLORAÇÃO</p>	<p>PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA</p>	<p>VALORES ATUAIS DOS DEBITOS MINERAIS ESPERA-SE CONTRAR</p>	<p>PROBABILIDADE DE DESCOBERTA CUSTOS DE EXPLORAÇÃO</p>	<p>GARANTIAS DE OBTENÇÃO DE TERRAS POSSE DA DESCOBERTA</p>
<p>ATIVIDADES E FATORES DE CONTROLE</p>	<p>Selecção da região Selecção de áreas Selecção de alvos Avaliação contínua e atualização dos conceitos sobre alvos: -modelos de depósitos de minério -hipóteses de trabalho -hipóteses geométricas (?) -teorias genéticas (?) Avaliação contínua do programa de exploração: abandonar ou continuar?</p>	<p>Previsão de: -demanda e preço, -custo de capital produção -forma financiamento -taxa, depreciação -custo de terra Avaliação de teores e geotécnicos dos depósitos minerais perigosos Avaliação econômica dos alvos</p>	<p>Selecção-Programação de métodos e técnicas efetivas Aplicação eficiente de tais métodos e técnicas Transposição do trabalho planejado em unidades de tempo e custo Avaliação contínua dos resultados em termos de possibilidades de descoberta Renovação (atualização) contínua dos planos, escolha de métodos e programação de trabalho</p>	<p>Leis Modelos de propriedade Modelos de opção Competição Estratégias e táticas para compra de terras</p>

Quadro nº 2 - MODELO PARA DEBERTAS MINERAIS

Atividades e Fatores de Controle

das informações da pesquisa básica e do conhecimento detalhado dos modelos metalogenéticos e experiência dos técnicos que a executam.

Frise-se que esta é uma das mais importantes razões por que a atividade de pesquisa mineral das empresas tradicionais da indústria mineral somente se intensificou no Brasil nos últimos anos; a transformação observada no volume e qualidade das informações da pesquisa básica. Realmente é incalculável a importância que a realização da pesquisa básica pelo DNPM, através do Projeto Radam, da atuação da CPRM, dos convênios geofísicos Brasil-Alemanha e Brasil-Canadá, etc., representa no "boom" de exploração mineral ocorrido no Brasil, cujos resultados em termos de descobertas minerais estão apenas começando a se fazer sentir.

Quanto ao conhecimento detalhado dos modelos metalogenéticos e experiência dos técnicos responsáveis pela prospecção geral deparam-se as empresas brasileiras com problema de natureza distinta: os modelos metalogenéticos nada mais são do que descrição de jazidas padrões dos minerais que se procura e, em vários casos, ainda não é conhecida no território brasileiro nenhuma jazida do tipo procurado. O estudo de bibliografia sobre modelos metalogenéticos por si só não é suficiente para que os técnicos visualizem exatamente os mínimos detalhes que constituem os elementos de distinção entre a região imediatamente próxima a uma jazida e regiões do mesmo ambiente geológico onde não existe nenhuma jazida. E são estes mínimos detalhes que poderão levar o técnico a continuar a pesquisa mineral numa área potencialmente favorável onde ainda não foi encontrada mineralização até que ocorra finalmente a descoberta, ou, por outro lado, o desconhecimento destes detalhes poderá levar o técnico a abandonar uma área onde existe uma jazida ou prolongar indefinidamente a pesquisa numa área onde não existe nenhuma jazida.

A importância crucial do conhecimento detalhado dos modelos metalogenéticos para o sucesso de um programa de pesquisa mineral amplo, faz com que se recomende a adoção de dois procedimentos concomitantes para desenvolver este conhecimento dentro das equipes técnicas que atuam na pesquisa mineral brasileira:

- estabelecimento de programas de visitas e/ou estágios no Brasil e no exterior às jazidas mais representativas dos modelos metalogenéticos em que estiverem trabalhando e participação em congressos especializados ou cursos rápidos em que estes modelos metalogenéticos fossem descritos detalhadamente;
- contratação de técnicos brasileiros ou estrangeiros que possuam alto grau de conhecimento sobre os modelos metalogenéticos mais prováveis de ocorrerem no Brasil e que representem significativa proporção das reservas mundiais dos bens minerais procurados.

BIBLIOGRAFIA

- BAILLY, P.A. — "Methods, Costs, Land Requirements and Organizational in Regional Exploration for Base Metals". AIME Meeting, Alaska Station, Fairbanks. (Março 1964).
- BAILLY, P.A. — "Genetic Theories, Models, Hypothesis and Future Ore Discoveries". Department of Earth Sciences Stanford University, California.
- FLAWN, PETER T. — "Mineral Resources: geology, engineering, economics, politics law". New York, John Wiley, 1966. 406 p.

GEOLOGIA E METALURGIA — VOL. 41

CONTEUDO

SESSÃO DE ABERTURA DO VII SIMPOSIO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO — UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL — DIA 31/7/77 — 18 hs.	5
BENEFICIAMENTO DE CARVÃO DA CAMADA BARRO BRANCO — João Battista Bruno	17
CARVÃO MINERAL NACIONAL NÃO COQUEIFICÁVEL EM FORNO ELÉTRICO DE REDUÇÃO — Getúlio Matias Ribeiro; Rogério da Rocha; Ronaldo Xavier Moreira	31
CONTRIBUIÇÃO DA MINERAÇÃO DE CARVÃO NO ABASTECIMENTO ENERGÉTICO — Wildor Theodoro Hennies; Olimpio Ribeiro Salgado	53
PESQUISA DE CARVÃO NO RIO GRANDE DO SUL — João Aécio CorreaFabricio; José Alcides Fonseca Ferreira; Luiz Fernando Fontes de Albuquerque	77
CARVÃO MINERAL NO RIO GRANDE DO SUL — Arthur Wentz Schneider; Flávio Augusto Brinckmann; Othon Sá Castanho ..	93
MECÂNICA DE ROCHAS PRATICAS — Carlos Diniz da Gama	113
MÃO-DE-OBRA QUALIFICADA PARA EMPRESAS DE MINERAÇÃO — Otacilio Fernandes D'Ávila	201
ENSINO E MERCADO DE TRABALHO — Geraldo Conrado Melcher; Alberto Teixeira; Roberto Leal; Joaquim Maia; Eros Farias Gavronski	309
A MINA DO LEÃO — Arthur Wentz Schneider; Flávio Brinckmann; Othon Sá Castanho	317
AS JAZIDAS DE ESTANHO NO BRASIL E O CONTINENTE GONDWANA — Heitor Façanha da Costa	331
UMA APLICAÇÃO DE VARIOGRAMAS NA PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA EM SOLOS — Saul B. Suslick; Wagner S. Carvalho; José R. Siracuza	351
ESTRATEGIA PARA UM PROGRAMA DE PESQUISA MINERAL — Antonio Carlos Souza Aranha P. Andrade	391

As demais conferências proferidas no VII Simpósio Brasileiro de Mineração, serão publicadas no Volume 42.